УДК 004.942

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ СПИРАЛИ АРХИМЕДА В САПР КОМПАС-3D

♦♦♦♦♦

FEATURES OF MODELING CLEANING DEVICES LIQUIDS BASED ON THE ARCHIMEDES SPIRAL IN CAD COMPASS-3D

Коссой В.А.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Терехов В.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Терехов В.В.
студент,
Кубанский государственный технологический университет
mitya.ivanov.2015@gmail.com

Аннотация. В научной статье рассматриваются особенности 3D моделирования спиралеобразных каналов в САПР Компас-3D. Авторы статьи на примере доказали, что широкое применение современных 3D систем позволяет моделировать и решать широкий круг задач, связанных с различными отраслями науки и техники. Представленные в статье особенности моделирования спиралеобразных каналов в САПР Компас-3D помогут как начинающим, так и тем, у кого уже имеется опыт проектирования технических устройств с использованием плоских и пространственных кривых.

Ключевые слова: 3D-модель, спираль Архимеда, Компас-3D, устройство для очистки жидкости, спиралеобразный канал, моделирование.

Kossoy V.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Terehov V.V.
PhD in Technical,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Savickiy Yu.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Terekhov V.V.
Student,
Kuban State Technological University
mitya.ivanov.2015@gmail.com

Annotation. The scientific article discusses the features of 3D modeling of spiral channels in Compass-3D CAD. The authors of the article have proved by example that the widespread use of modern 3D systems makes it possible to model and solve a wide range of tasks related to various branches of science and technology. The features of spiral channel modeling in Kompas-3D CAD presented in the article will help both beginners and those who already have experience designing technical devices using flat and spatial curves.

Keywords: 3D model, Archimedes spiral, Compass-3D, liquid purification device, spiral channel, modeling.

В процессе разработки 3D модели устройства для очистки жидкости на основе спирали Архимеда (далее устройств очистки) (рис. 1 и 2), авторы столкнулись с рядом особенностей при моделировании спиралеобразных каналов в программе Компас-3D.

Теоретические аспекты конструирования и построения моделей линий и поверхностей в компьютерной графике достаточно широко описаны в литературе, например, [1], [2], [3]. Однако решение практических задач построения линий и поверхностей в различных программах 3D моделирования имеет свои особенности.

Рассмотрим один из способов построения плоского спиралеобразного канала (спираль Архимеда) с постоянным шагом в программе Компас-3D.

Порядок построения включает ряд этапов:

– построение модели объекта, в котором будет расположен спиралеобразный канал;

– построение спиралеобразной траектории и сечения канала;

– применение операции «Вырезание по траектории» построенного сечения канала по спиралеобразной траектории.

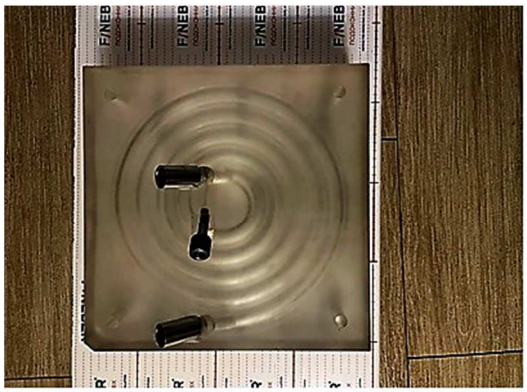

Рисунок 1

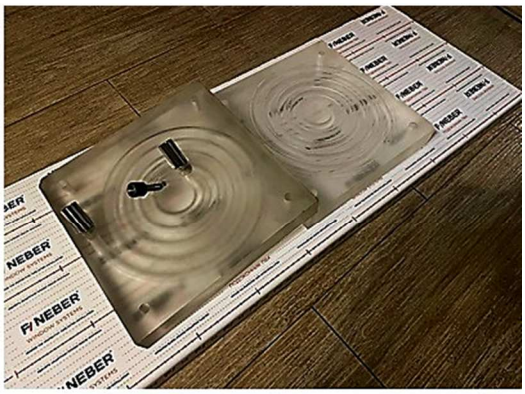

Рисунок 2

Для построения канала будем использовать объект в виде параллелепипеда со стороной a, состоящего из двух половин (нижней и верхней). На горизонтальной плоскости симметрии, совпадающей с верхней гранью нижней части параллелепипеда, построим эскиз плоской *базовой спирали* с помощью инструмента «Спираль коническая» с параметрами, показанными на рисунке 3. Для получения плоской спирали её высота задается равной 0, а для построения выбраны способы «По диаметру» и «По числу витков и высоте». Результат построения показан на рисунке 4.

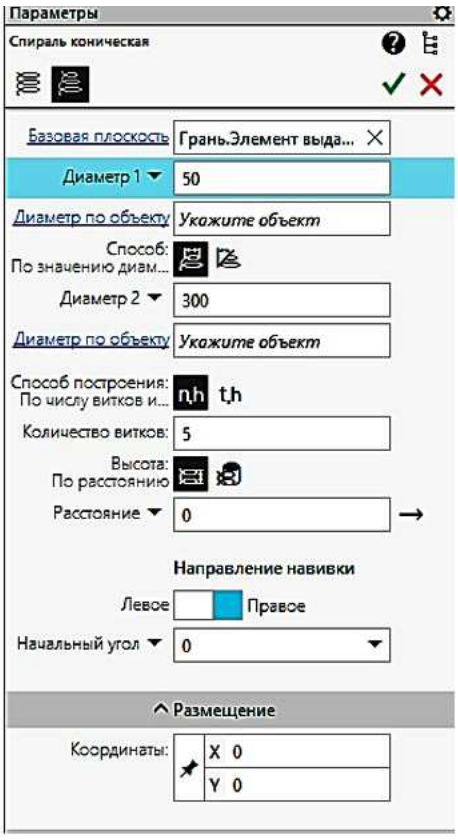

Рисунок 3

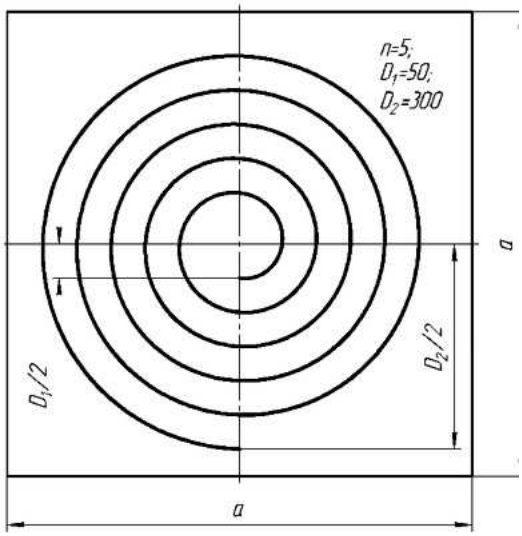

Рисунок 4

При задании диаметров D_1, D_2 и количества витков *n*, шаг Архимедовой спирали hопределяется по формуле:

$$h = \frac{D_2 - D_1}{2n}. \quad (1)$$

Введенное выше понятие *базовой спирали* является важным, так как оно определяет задаваемые при проектировании сепаратора требуемый шаг, кривизну канала, габариты устройства и т.д. При изменении начального или конечного угла спирали для сохранения заданного шага необходимо определять изменение диаметра спирали ΔD по следующему алгоритму:

– рассчитываем изменение количества витков по формуле:

$$\Delta n = \frac{\pm \Delta \alpha}{360^\circ}, \tag{2}$$

где $\Delta \alpha$ – изменение угла в градусах, знак «+» означает увеличение количество витков спирали, а знак «–» – уменьшение.

– рассчитываем изменение диаметра по формуле:

$$\Delta D = \Delta n \cdot 2h. \tag{3}$$

Подставив (1) и (2) в (3), окончательно получим:

$$\Delta D = \pm \frac{\Delta \alpha \cdot (D_2 - D_1)}{360^\circ \cdot n}. \tag{4}$$

Рассмотрим для примера пересчет характеристик спирали, показанных на рисунках 2 и 3, при изменении начального угла на –45° (в сторону уменьшения количества витков и увеличения диаметра D_1).

Начальные параметры спирали: D_1 = 50 мм; D_2 = 300 мм; n = 5 витков.

Подставим исходные данные в (2) и (4):

$$\Delta n = \frac{-45^\circ}{360^\circ} = -0{,}125;\ n_{\text{нов.}} = n + \Delta n = 4{,}875;$$

$$\Delta D_1 = \frac{45 \cdot (300 - 50)}{360 \cdot 5} = 6{,}25\ \text{мм};\ D_{1\,\text{нов.}} = D_1 + \Delta D = 56{,}25\ \text{мм}.$$

Перестроим исходную спираль, заменив начальный угол, количество витков и диаметр 1 (рис. 5 и 6).

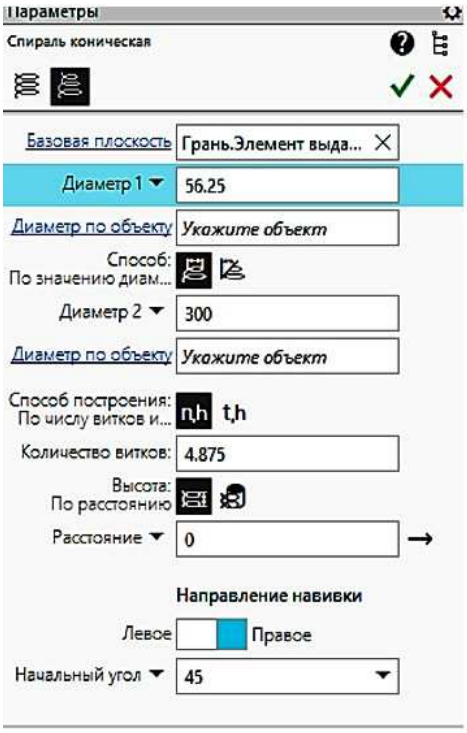

Рисунок 5

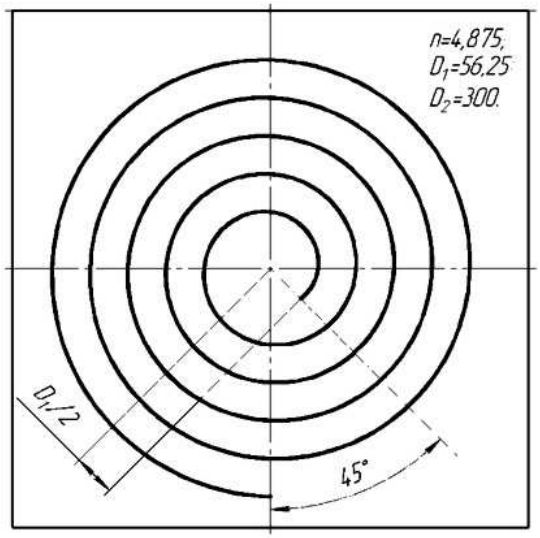

Рисунок 6

Описанный выше алгоритм пересчета характеристик плоской спирали Архимеда позволяет пересчитывать параметры базовой спирали с сохранением её шага.

Для завершения построений канала в плоскости, перпендикулярной началу или концу спирали строится плоский эскиз контура сечения (например, окружность диаметром 16 мм) и проводится операция вырезать по траектории (рис. 7), где в качестве траектории указывается построенная спираль.

Построение верхней части детали с каналом осуществляется за счет смены направления выдавливания параллелепипеда (рис. 8).

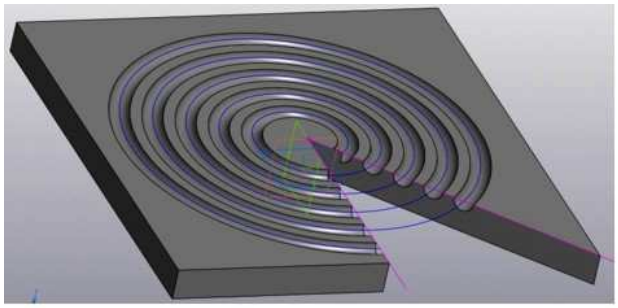

Рисунок 7

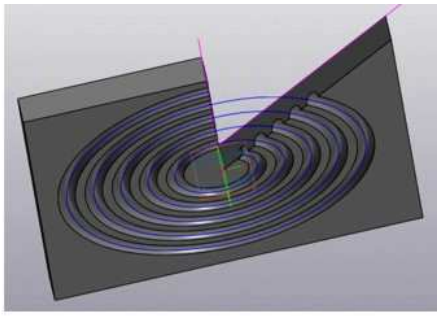

Рисунок 8

Описанный выше алгоритм был применен к разработке 3D модели центробежного сепаратора (рис. 1 и 2), в котором было использовано 3 спиралевидных канала, каждый из которых отличался диаметрами и количеством витков. На рисунке 9 показаны спирали, которые явились «траекторий» для последующего выдавливания сечений каналов. Как видно из рисунка, основным условием модели является сохранение постоянства расстояний между линиями спиралей по нормали.

Эти расстояния определяются формой и размерами сечений, показанными на рисунке 10. Так формой сечения канала по спирали 1 является окружность с диаметром d_1, по спирали 2 – прямоугольник со сторонами b_1 и b_2, по спирали 3 – окружность с диаметром d_2 (рис. 8, 9). Между пакетомканалов, соединенных между собой, выполнен зазор на расстояние с.

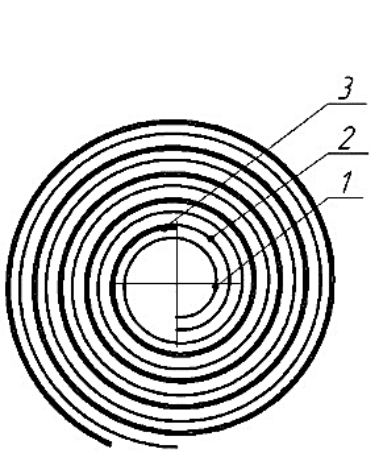

Рисунок 9

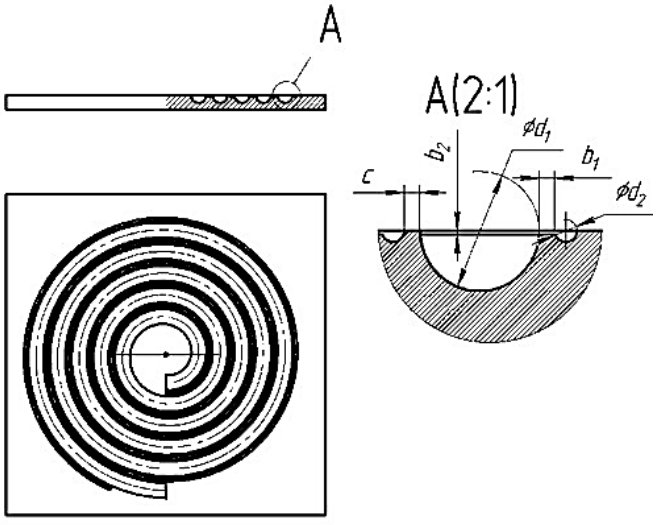

Рисунок 10

Особенности моделирования группы каналов сводится к формированию базового канала 1 с определением начального и конечного диаметров канала, начального угла и количества витков (рис. 3). При этом конечный диаметр D_2 высчитывается на основании геометрии всего пакета каналов с зазором между ними по формуле:

$$D_2 = D_1 + 2 \cdot n \cdot (d_1 + b_1 + d_2 + c),$$

где n – количество витков спирали.

Для формирования базовых спиралей 2 и 3, которые имеют параметры начального угла и количество витков такие же как у спирали 1, начальный $D_{1\ нов.}$ и конечный $D_{2\ нов.}$ диаметры пересчитываются за счет добавления приращения диаметра ΔD, определяемого сечением канала, к значениям диаметра спирали 1 по формулам:

$$D_{1нов.} = D_1 + \Delta D; D_{2нов.} = D_2 + \Delta D,$$

где для спирали 2: $\Delta D = d_1 + b_1$, а для спирали 3: $\Delta D = d_1 + b_1 + d_2$.

Дальнейший пересчет спиралей 2 и 3 осуществляется для заданных параметров спирали (рис. 9) по формулам (2) и (4).

Последующий процесс построения сечений и их выдавливания по траектории спиралей применительно к верхней и нижней частям сепаратора не отличается от выше рассмотренного.

Для последующего моделирования сепаратора и его изготовления на 3Dпринтере или станке с ЧПУ к основной части проточного канала добавляются каналы подвода и отвода жидкости, отверстия под крепежные элементы и углубления для установки уплотнения, как показано на рисунках 11 и 12.

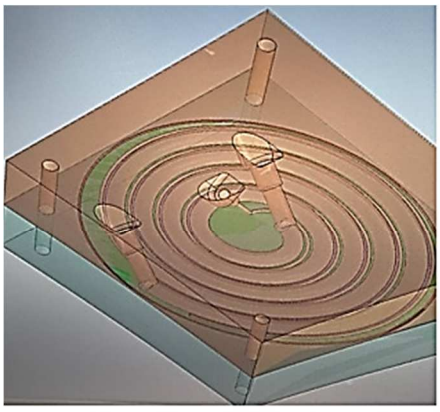

Рисунок 11

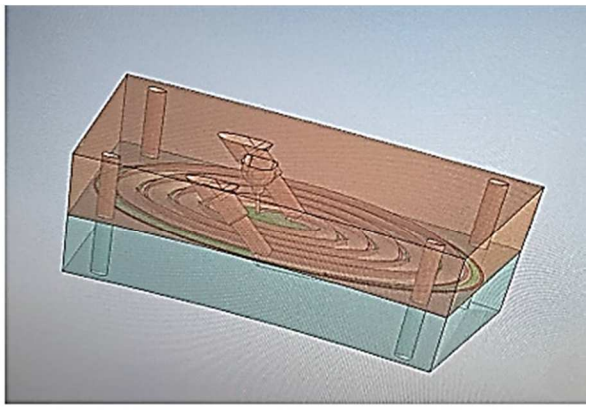

Рисунок 12

Таким образом, широкое применение современных 3D систем позволяет моделировать и решать широкий круг задач, связанных с различными отраслями науки и техники. Представленные в статье особенности моделирования спиралевидных каналов в программе «Компас 3D» помогут как начинающим, так и тем, у кого уже имеетсяопыт проектирования технических устройств с использованием плоских и пространственных кривых. Широкие возможности отечественной САПР «Компас-3D» позволяют адаптировать построенные 3D модели для их последующего изготовления на станках с ЧПУ за счет сохранения моделей в совместимых с оборудованием форматах, например, *Parasolid (*.x_t*), *IGES (*.igs, *.iges*) и др.

Литература

1. Алексюк А.А. Конструирование кинематических моделей линий и поверхностей в компьютерной графике // Вестник Евразийской науки. – 2019. – № 6. – URL : https://esj.today/PDF/38ITVN619.pdf
2. Алексюк А. А. Кинематический метод построения линий и поверхностей в Mathcad : учебное пособие для вузов. – М. : Юрайт, 2022. – 105 с.
3. Тимофеев С. Спирали в T-FLEX CAD 17 / С. Тимофеев, И. Батюченко. – URL : https://www.tflex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=4730

4. Патент на полезную модель № 227821 от 07.08.2024 года. Устройство для очистки горюче-смазочных материалов с прямолинейным одним входным и двумя выходными каналами / В.В. Терехов, Ю.А. Савицкий, С.Е. Чабров, И.В. Сараев, Е.В. Выскубов, П.В. Чумак, В.В. Терехов.
5. Терехов В.В. Применение агрегатирования в инерционных устройствах очистки жидкости на основе спирали Архимеда // XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, Посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос 10–11 апреля 2024 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 122–131.
6. Агрегатируемый инерционный сепаратор с параллельным включением устройств для очистки нефтепродуктов и волы / В.В. Терехов [и др.] // Патент на полезную модель № 231273, 21.01.2025. Заявка № 2024109985 от 11.04.2024.
7. Агрегатируемое устройство для очистки жидкости на основе спирали Архимеда с двумя каналами / В.В. Терехов [и др.] // Патент на полезную модель № 231248, 20.01.2025. Заявка № 2024124879 от 26.08.2024.
8. Инерционный насос-сепаратор / В.В. Терехов [и др.] // Патент на изобретение RU 2785564, 08.12.2022. Заявка № 2022101522 от 24.01.2022.
9. Устройство для очистки воды в местах экологических катастроф / В.В. Терехов [и др.] // Патент на изобретение RU 277152, 01.08.2022. Заявка № 2021127498 от 20.08.2021.

References

1. Aleksyuk A.A. Construction of kinematic models of lines and surfaces in computer graphics // Bulletin of Eurasian Science. – 2019. – № 6. – URL : https://esj.today/PDF/38ITVN619.pdf
2. Aleksyuk A.A. Kinematic method for constructing lines and surfaces in Mathcad : a tutorial for universities. – M. : Yurait, 2022. – 105 p.
3. Timofeev S. Spirals in T-FLEX CAD 17 / S. Timofeev, I. Batyuchenko. – URL : https://www.tflex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=4730
4. Patent for Utility Model № 227821 dated 07.08.2024. Device for cleaning fuels and lubricants with a rectilinear one inlet and two outlet channels / V.V. Terekhov, Yu.A. Savitsky, S.E. Chabrov, I.V. Saraev, E.V. Vyskubov, P.V. Chumak, V.V. Terekhov.
5. Terekhov V.V. Application of aggregation in inertial liquid cleaning devices based on the Archimedes spiral // XIV International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Dedicated to the 63rd Anniversary of Yu.A. Gagarin's Flight into Space on April 10–11, 2024. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2024. – P. 122–131.
6. Aggregated inertial separator with parallel connection of devices for cleaning oil products and water / V.V. Terekhov [et al.] // Patent for utility model № 231273, 21.01.2025. Application № 2024109985 dated 11.04.2024.
7. Aggregated device for cleaning liquid based on an Archimedes spiral with two channels / V.V. Terekhov [et al.] // Patent for utility model № 231248, 20.01.2025. Application № 2024124879 dated 26.08.2024.
8. Inertial pump-separator / V.V. Terekhov [et al.] // Patent for invention RU 2785564, 08.12.2022. Application № 2022101522 dated 24.01.2022.
9. Device for water purification in places of environmental disasters / V.V. Terekhov [et al.] // Patent for invention RU 277152, 01.08.2022. Application № 2021127498 dated 20.08.2021.