УДК 519.1

ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ РАБОТЫ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ СПИРАЛИ АРХИМЕДА

♦♦♦♦♦

IMPROVING THE FUNCTIONALITY OF THE ARCHIMEDE SPIRAL-BASED LIQUID PURIFICATION DEVICE STRUCTURAL MODEL

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

Выскубов Е.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Terekhov V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
School of Pilots
kvvaul@mil.ru

Vyskubov E.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation
School of Pilots

Аннотация. В научной статье авторы исследуют возможности повышения функциональности работы структурной модели устройства очистки жидкости на основе спирали Архимеда методами системного анализа. Авторами представлена принципиальная технологическая схема очистки жидкости, на основании которой построена структурная модель системы. Проведена декомпозиция системы. Из системы выделены две подсистемы: подсистема со связями потока жидкости и подсистема со связями по управлению, осуществлено преобразование подсистем. Проведённые мероприятия направлены на усовершенствование системы очистки жидкости на основе спирали Архимеда и повышения функциональности её структурной модели.

Ключевые слова: устройство очистки жидкости, фильтрующий компонент, системный анализ, декомпозиция, система, модель, ориентированный граф, структурная схема.

Annotation. In the scientific article, the authors investigate the possibilities of increasing the functionality of the structural model of a liquid purification device based on the Archimedean spiral using methods of system analysis. The authors present a basic technological scheme for liquid purification, based on which a structural model of the system is constructed. The system is decomposed. Two subsystems are identified from the system: a subsystem with fluid flow connections and a subsystem with control connections, and the subsystems are transformed. These measures are aimed at improving the liquid purification system based on the Archimedean spiral and increasing the functionality of its structural model.

Keywords: liquid purification device, filtering component, system analysis, decomposition, system, model, directed graph, and block diagram.

Для получения информационной модели любого реального физического объекта или процесса необходимо выполнить системный анализ объекта исследования [1, 2].

Задача системного анализа, упорядочить свои знания об исследуемом объекте, для отражения их в информационной модели. На рисунке 1, представлена физическая модель экспериментального фильтрующего компонента устройства очистки жидкости на основе спирали Архимеда с одним входным и двумя выходными каналами (УО 1.2) [3].

Рисунок 1 – Физическая модель экспериментального фильтрующего компонента УО 1.2 из оргстекла

Для упрощения процесса перехода от реального объекта к информационной модели составим модель состава системы, которая выполнена на основе анализа технологической схемы процесса очистки жидкости, представленной на рисунке 2 и дает описание входящих в фильтрующий компонент УО 1.2 элементов и подсистем.

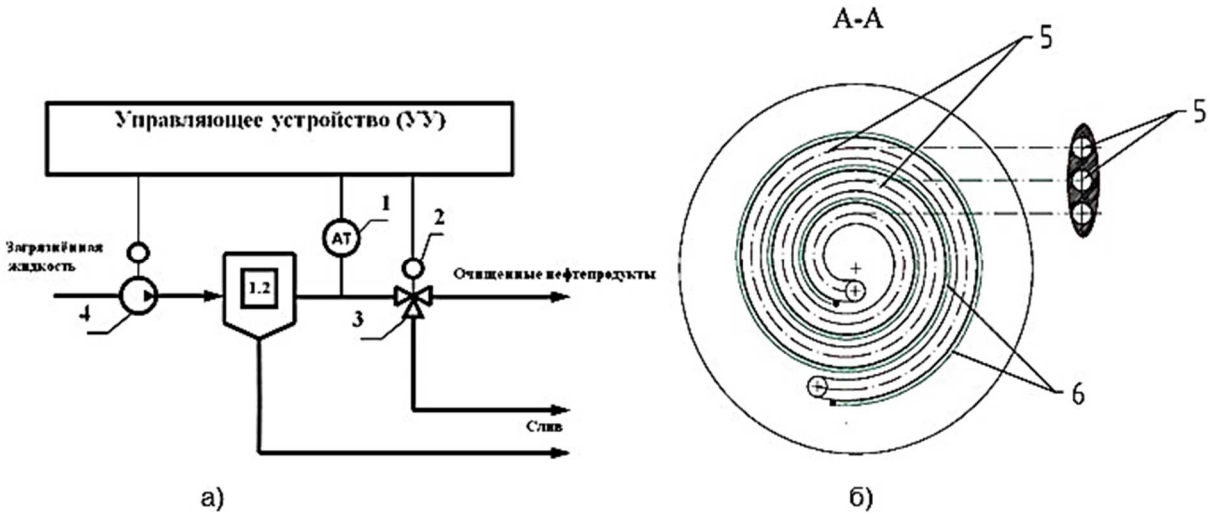

Рисунок 2 – а) Принципиальная технологическая схема очистки жидкости:
1 – прибор для измерения качества нефтепродуктов
с дистанционной передачей сигнала измерительной информации; 2 – привод клапана;
3 – трёхходовой клапан; 4 – насос; сливной коллектор
для сбора – воды, ржавчины, окалины, песчинок и прочее;
б) фильтрующий компонент УО 1.2 в разрезе А-А:
5 – основной канал; 6 – канал для отвода примесей (внешний канал отвода) [4]

Модель состава системы УО содержит (рис. 2) [4].

Для наглядной иллюстрации описания структурной модели системы фильтрующего компонента представим её в виде ориентированного графа (рис. 3). На рисунке 3 стрелки ⟶ обозначают связи между элементами системы. Направление стрелок указывает на принадлежность элемента к подсистеме (рис. 2, 3) [5].

На рисунке 4 стрелки ⋯⋯▸ обозначают связи между элементами системы, через которые протекает поток жидкости, а направление стрелок указывает на направление потока. Представленные на рисунке 4 стрелки – – –▸ обозначают информационные связи между элементами системы. Направление стрелок указывает на направление передачи информации.

Структурная модель системы УО, представленная графом (рис. 4), имеет иерархическую (сетевую) структуру. Проведем декомпозицию системы УО. На основе анализа системы УО выделим две подсистемы:

– подсистема со связями потока жидкости;
– подсистема со связями по управлению.

Проведенный анализ подсистем УО показал, что для повышения функциональности работы всей системы в целом необходимо провести усовершенствование подсистем.

Подсистема со связями потока жидкости при переходе УО в аварийный режим работы или выхода из строя фильтрующего компонента перестает функционировать (рис. 4). Для доработки подсистемы необходим обход (байпас), с целью передачи потока жидкости на следующую ступень очистки, сброса жидкости в соответствии с технологической картой (накопительный резервуар или на вход насоса) (рис. 2, 3, 4). Для реализации реконструкции подсистемы со связями потока жидкости следует на вход подсистемы поставить трёхходовой клапан и установить дополнительные связи потока жидкости с выходным патрубком основного канала, для организации обхода (рис. 5) [7].

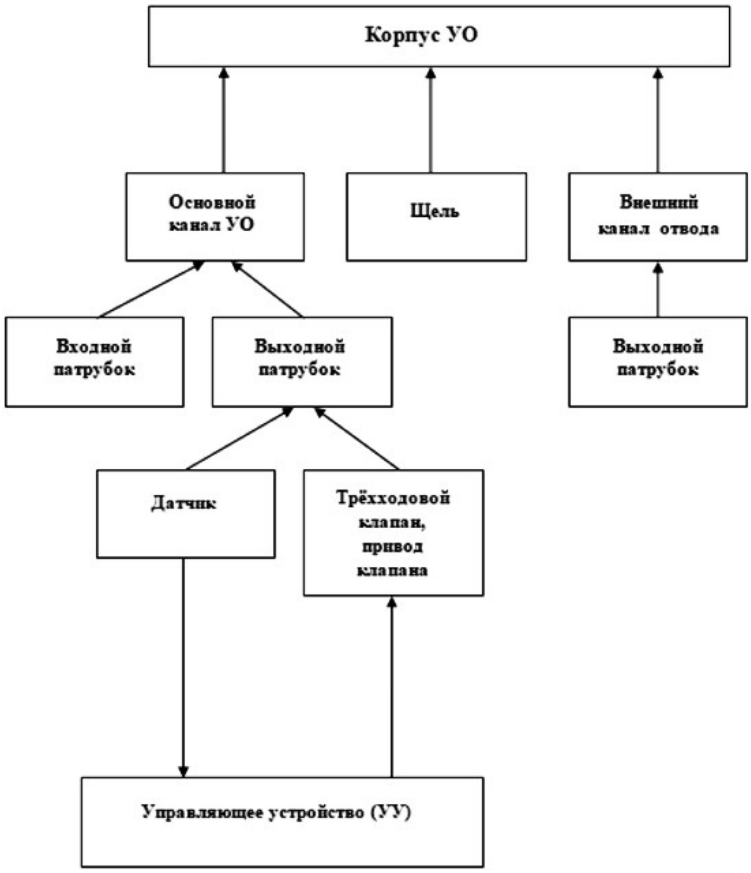

Рисунок 3 – Структурная модель системы (структурная схема) фильтрующего компонента УО

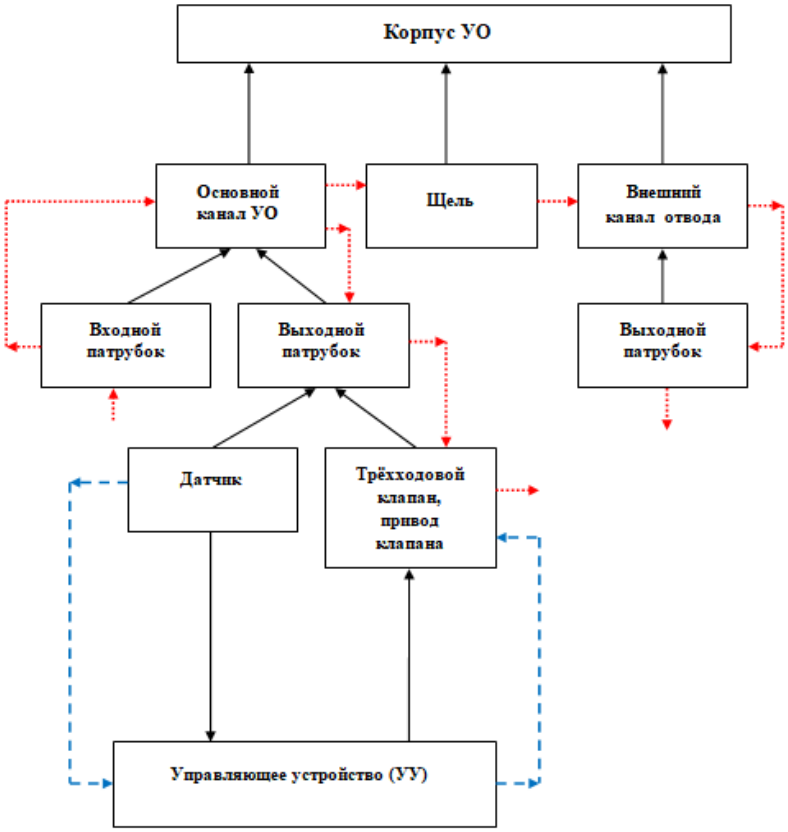

Рисунок 4 – Структурная модель системы (структурная схема) УО со связями потока жидкости и связями по управлению

Подсистема со связями по управлению – не предусмотрена обратная связь, отражающая изменение состояния системы в результате управляющего воздействия на трёхходовой клапан (рис. 4). Для реализации преобразования подсистемы со связями по управлению следует установить дополнительные связи по управлению (передачи информации), отражающие изменение состояния трёхходового клапана, датчики положения (1) рисунок 5 и изменить алгоритм работы управляющего устройства УУ (рис. 5).

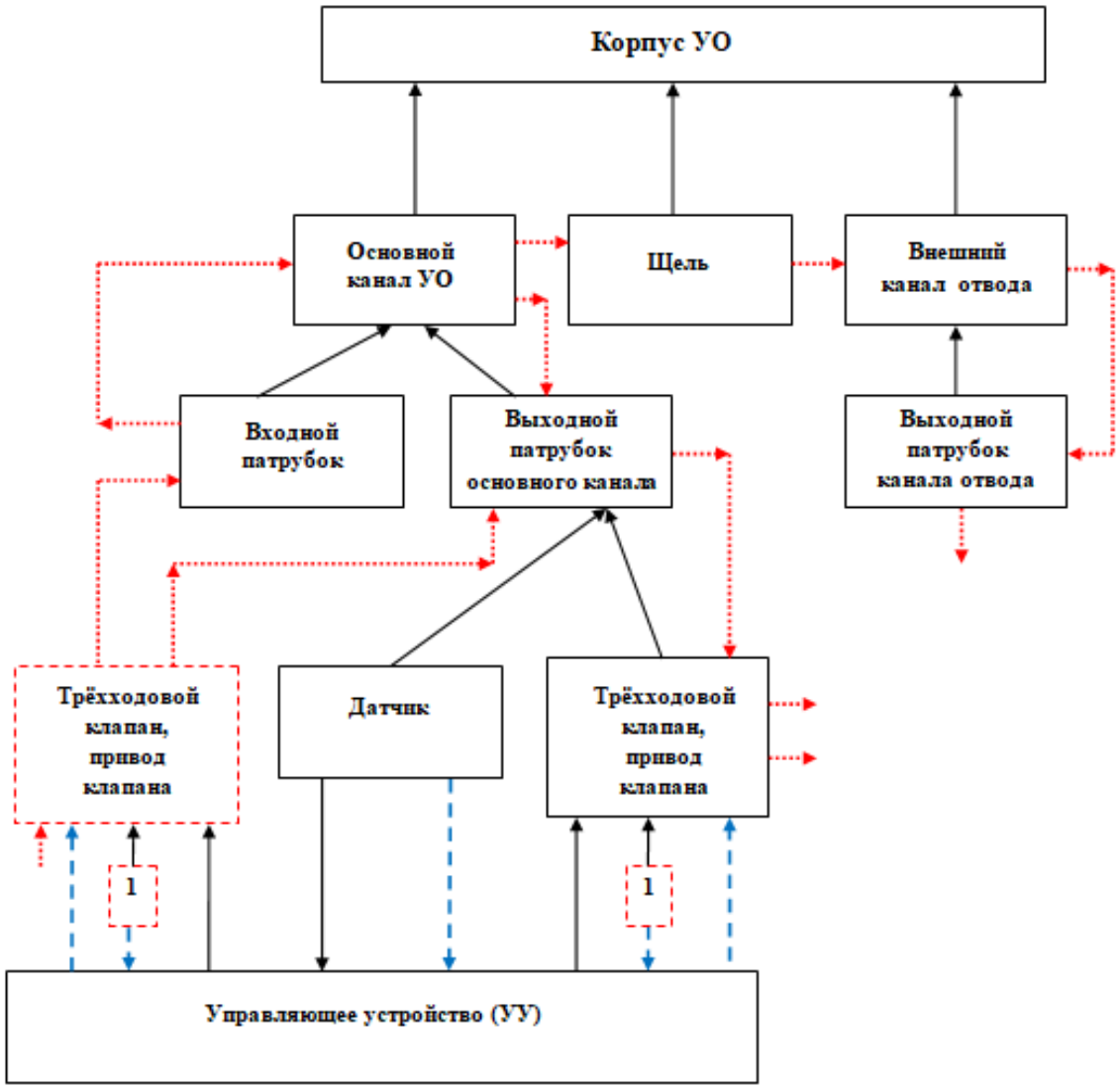

Рисунок 5 – Усовершенствованная структурная модель системы (структурная схема) УО со связями потока жидкости и связями по управлению: 1 – датчик положения

Вывод: таким образом, в результате модернизации структурной модели системы УО доработаны две подсистемы подсистема со связями потока жидкости и подсистема со связями по управлению [10].

В подсистеме со связями потока жидкости для её функциональности установлен ещё один трёхходовой клапан и введены дополнительные связи потока жидкости с выходным патрубком основного канала. А также, для визуализации коммутации элементов в подсистеме со связями по управлению введены дополнительные связи по управлению (передачи информации), отражающие изменение состояния трёхходового клапана, датчики положения и скорректирован алгоритм работы управляющего устройства УУ. Проведённые мероприятия направлены на усовершенствование системы очистки жидкости на основе спирали Архимеда и повышения функциональности её структурной модели [5].

Литература

1. Андрианова А.А. Практикум по курсу «Теория систем и системный анализ» / А.А. Андрианова, А.И. Репина. – Казань : КФУ, 2021. – 83 с.
2. Орлов А.И. Теория принятия решений : учеб. пособие. – М. : Издательство «Экзамен», 2005. – 1035 с.
3. Устройство для очистки горюче-смазочных материалов с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами / В.В. Терехов [и др.] // Патент на полезную модель № 227812, 07.08.2024. Заявка № 2024110541 от 16.04.2024.
4. Терехов В.В. Анализ конструктивных особенностей устройств 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 2025 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2025. – С. 122–131.
5. Мицель А.А. Методы оптимизации : учеб. пособие. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2020. – Ч. 1. – 350 с.
6. Алгоритмы. Построение и анализ. – 3-е издание / Т.Х. Кормен [и др.]. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2013.
7. Буркатовская Ю.Б. Теория графов : учеб. пособие / Ю.Б. Буркатовская; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – Ч. 1. – 200 с.
8. Новиков А.А. Дискретная математика для программистов. – СПб. : Питер, 2001.
9. Белоусов А.В. Дискретная математика / А.В. Белоусов, С.В. Ткачев. – М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002.
10. Харари Ф. Теория графов. – М. : Мир, 1973.
11. URL : https://www.matburo.ru

References

1. Andrianova A.A. Workshop on the Course «Systems Theory and Systems Analysis» / A.A. Andrianova, A.I. Repina. – Kazan : KFU, 2021. – 83 p.
2. Orlov A.I. Decision Theory: A Tutorial. – M. : Examen Publishing House, 2005. – 1035 p.
3. Device for cleaning fuels and lubricants with rectilinear one inlet and two outlet channels / V.V. Terekhov [et al.] // Patent for utility model № 227812, 08/07/2024. Application № 2024110541 dated 04/16/2024.
4. Terekhov V.V. Analysis of the design features of liquid purification 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, 2025. – Krasnodar: Publishing House – Yug, 2025. – P. 122–131.
5. Mitsel A.A. Optimization Methods: A Tutorial. – Tomsk : Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 2020. – Part 1. – 350 p.
6. Algorithms. Construction and Analysis. – 3rd edition / T.Kh. Cormen [et al.]. – M. : Williams Publishing House, 2013.
7. Burkatovskaya Yu.B. Graph Theory: A Textbook / Yu.B. Burkatovskaya; Tomsk Polytechnic University. – Tomsk : Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2014. – Part 1. – 200 p.
8. Novikov A.A. Discrete Mathematics for Programmers. – SPb. : Piter, 2001.
9. Beloussov A.V. Discrete Mathematics / A.V. Beloussov, S.V. Tkachev. – M. : Publishing house of Bauman Moscow State Technical University, 2002.
10. Harari F. Graph Theory. – M. : Mir, 1973.
11. URL : https://www.matburo.ru