
**ІННОВАЦІЇ В ОСВІТІ ТА ВИРОБНИЦТВІ,
ПРОБЛЕМАТИКА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

УДК 62-5:681.5

ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ВИРТУАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Э. В. Кореньков, А. М. Кравец

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: reax0n@mail.ru

Разработан графический интерфейс виртуального конструктора гидротранспортных систем, с помощью которого можно создавать технологические схемы различной степени сложности и конфигурации, задавать параметры виртуальных элементов, моделировать режимы работы гидравлического оборудования с учетом соединения насосов и трубопроводов, редактировать справочные базы данных электрогидравлического оборудования. На базе предложенных математических моделей объектов гидротранспортной системы разработаны виртуальные элементы в программном пакете LabVIEW.

Ключевые слова: виртуальный конструктор, графический интерфейс, гидротранспортная система, виртуальный элемент, технологическая схема.

ГРАФІЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС ВІРТУАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА ГІДРОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Е. В. Кореньков, О. М. Кравець

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: reax0n@mail.ru

Розроблено графічний інтерфейс віртуального конструктора гідротранспортних систем, за допомогою якого можна створювати технологічні схеми різного ступеня складності та конфігурації, задавати параметри віртуальних елементів, моделювати режими роботи гідравлічного обладнання з урахуванням з'єднання насосів і трубопроводів, редагувати довідкові бази даних електрогідравлічного обладнання. На базі запропонованих математичних моделей об'єктів гідротранспортної системи розроблені віртуальні елементи в програмному пакеті LabVIEW.

Ключові слова: віртуальний конструктор, графічний інтерфейс, гідротранспортна система, віртуальний елемент, технологічна схема.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Внедрение технологии виртуального конструирования сложных систем является эффективным альтернативным вариантом формирования экспериментальных навыков и умений по изучению режимов физического оборудования путем имитации его на виртуальных моделях. Виртуальный конструктор (ВК) гидротранспортных систем (ГТС) – многофункциональная программная среда, позволяющая динамически менять структуру технологических схем, демонстрировать протекающие технологические и энергетические процессы, моделировать нештатные ситуации в работе оборудования [1]. При этом весьма важным является вопрос создания удобного графического интерфейса ВК, с помощью которого пользователю предоставляется возможность взаимодействовать с программным продуктом через доступные ему системные объекты и функции в виде графических компонентов [2].

С учетом сказанного целью работы является разработка графического интерфейса и описание возможностей пользователя по созданию технологических схем и настройке параметров виртуального оборудования.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Графический интерфейс ВК гидротранспортных систем разработан в графическо-математическом пакете LabVIEW. Главное окно программы, приведенное на рис. 1, состоит из "ячеек" – элементов, описывающих определенные объекты технологических схем ГТС (насосы, электродвигатели, преобразователи энергии, запорная арматура и т.п.) математическими зависимостями и передаточными функциями.

С помощью таких ячеек можно динамически менять технологическую схему гидротранспортного комплекса в зависимости от соединения насосных агрегатов (НА), конфигурации трубопроводной сети, наличия запорно-регулирующей арматуры и т.д.

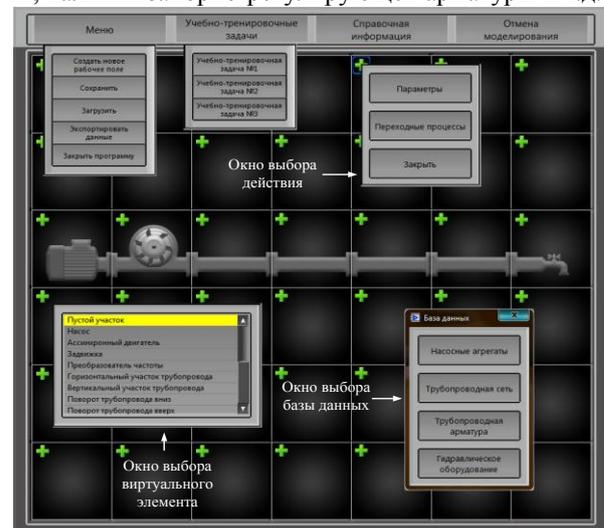


Рисунок 1 – Главное окно ВК ГТС

Над рабочим полем ВК расположены кнопки: «Меню», «Учебно-тренировочные задачи» (УТЗ), «Справочная информация» и «Отмена моделирования».

При нажатии на кнопку «Меню» предоставляется возможность создания нового рабочего поля, сохранения или загрузки набранной технологической схемы, экспортирования данных в текстовый документ, закрытие программы (рис. 1). Кнопка «Справочная информация» содержит инструкцию пользо-

вателя по использованию ВК ГТС. В разделе «Учебно-тренировочные задачи» предусмотрено проведение практических занятий по обучению персонала путем выбора одной из предлагаемых технологических схем ГТС (рис. 1).

Разработанный графический интерфейс позволяет при двойном нажатии левой кнопки мыши на ячейке ВК открыть окно выбора виртуальных элементов (ВЭ) (рис. 1), которые описываются математическими моделями на базе статических и динамических уравнений.

Для каждого ВЭ разработано свое собственное графическое обозначение. Из предложенного списка выбирается необходимый элемент, после чего он отображается в ячейке, а окно выбора элементов автоматически закрывается. В каждой из ячеек рабочей области возможен выбор только одного ВЭ.

В левом верхнем углу ячейки отображается кнопка, при нажатии на которую открывается окно выбора действия (рис. 1), включающее следующее меню:

«Параметры» – вызывает окно задания параметров для выбранного ВЭ;

«Переходные процессы» – вызывает окно, которое отображает кривые изменения напора и расхода на данном участке собранной схемы;

«Закрытие» – приводит к закрытию окна выбора действий.

После нажатия кнопки «Параметры» открывается окно, в котором необходимо указать параметры для выбранного ВЭ (рис. 2). Каждое окно заданий параметров ВЭ условно разделено на две области: в первой расположено графическое изображение ВЭ; вторая включает в себя поля для ввода параметров.

Окно задания параметров ВЭ «Задвижка» (рис. 2,а) включает в себя коэффициенты аппроксимации A, B, C, D , зависящие от типа используемой трубопроводной арматуры и позволяющие описать гидравлическую характеристику задвижки – зависимость гидравлического сопротивления ξ_0 от степени ее открытия β . Заданием положения ползунка обеспечивается формирование требуемого темпа управления трубопроводной арматурой.

Окно задания параметров ВЭ «Насос» (рис. 2,б) включает в себя коэффициенты аппроксимации A_2, B_2, C_2 для описания напорно-расходной (H-Q) и A_3, B_3, C_3 – для мощностной (P-Q) характеристик гидромашин.

ВЭ «Асинхронный двигатель» представлен математической моделью в «u, v, 0»-координатах [3]. Окно задания параметров этого ВЭ (рис. 2,в) включает в себя задание активных R_S, R_R и индуктивных L_S, L_R сопротивлений статора и ротора соответственно, частоты питающей сети f , момента инерции j , числа пар полюсов p и т.д.

Окно задания параметров ВЭ «Трубопровод» (рис. 2,г) предусматривает выбор материала трубопровода, задание длины L , диаметра D и толщины стенки Δ участка трубы.

Окно задания параметров ВЭ «Преобразователь частоты» (рис. 2,д) предусматривает задание частоты питающей сети путем перемещения стрелки на ползунке.

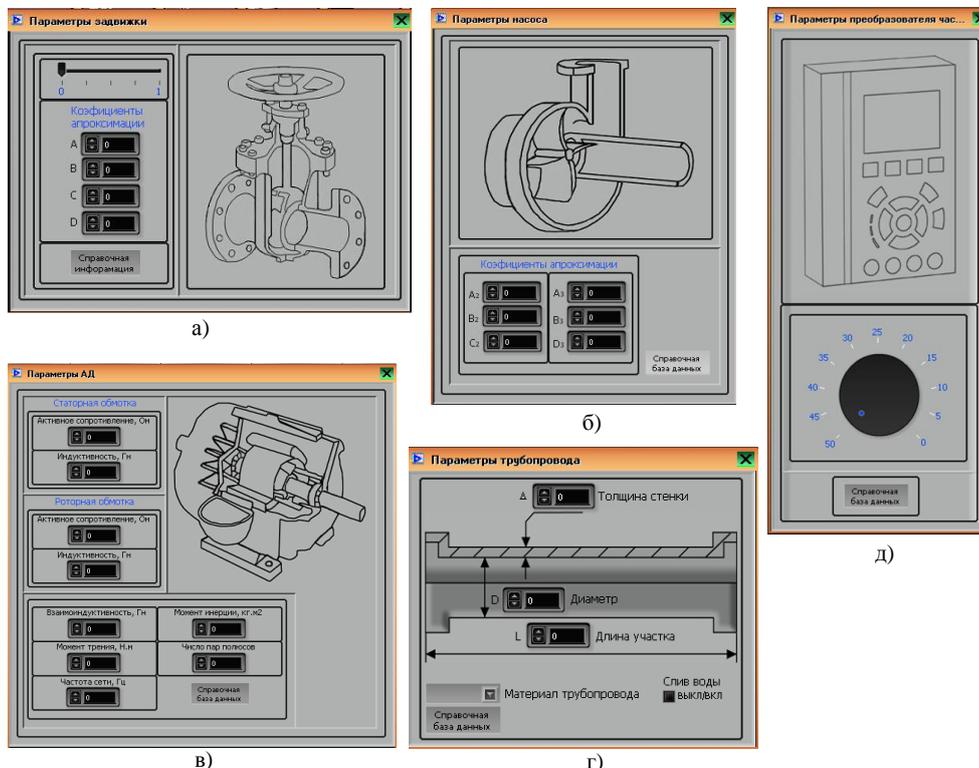


Рисунок 2 – Окна задания параметров ВЭ: а) – «Задвижка»; б) – «Насос»; в) – «Преобразователь частоты»; г) – «Асинхронный двигатель»; д) – «Участок трубопровода»

В каждом из перечисленных выше окон присутствует кнопка «Справочная база данных», при нажатии на которую открывается окно выбора базы данных (рис. 1) для НА, трубопроводной сети, запорно-регулирующей арматуры и вспомогательного гидравлического оборудования.

На рис. 3 приведено окно базы данных «Насосы», которое включает в себя справочную информацию о номинальных технических параметрах оборудования и отображает его паспортные характеристики. С помощью кнопок «Изменить», «Вставить», «Удалить» предусмотрена возможность редактирования параметров оборудования и добавление новых объектов.

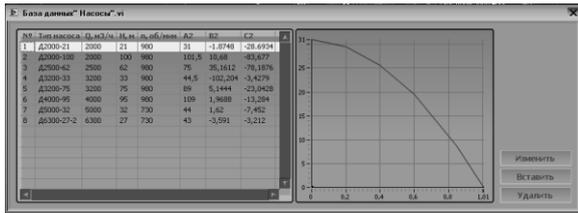


Рисунок 3 – Окно базы данных «Насосы»

На рис. 4 приведены варианты технологических схем ГТС различной сложности и конфигурации:

- работа регулируемого насосного агрегата на одиночный потребитель (рис. 4,а);
- работа насосного агрегата на разветвленную сеть потребителя (рис. 4,б);
- параллельная работа насосных агрегатов на одиночный потребитель (рис. 4,в);
- параллельная работа насосных агрегатов на разветвленную сеть потребителя (рис. 4,г).

На рис. 5, 6 приведены графики изменения во времени напора а), расхода б) и мощности в) в ГТС при регулировании производительности насоса изменением частоты вращения и степенью закрытия задвижки, установленной в напорном коллекторе насосного агрегата (рис. 4,а).

Параметры моделируемой ГТС: напор $H_n=60$ м; расход $Q_n=1,07$ м³/с; мощность $P_n=640$ кВт; длина трубопровода $L=1000$ м; диаметр трубы $d=1200$ мм; длина одного участка трубопровода $l_{уч}=200$ м; сопротивление потребителя $R=52$ с²/м⁵.

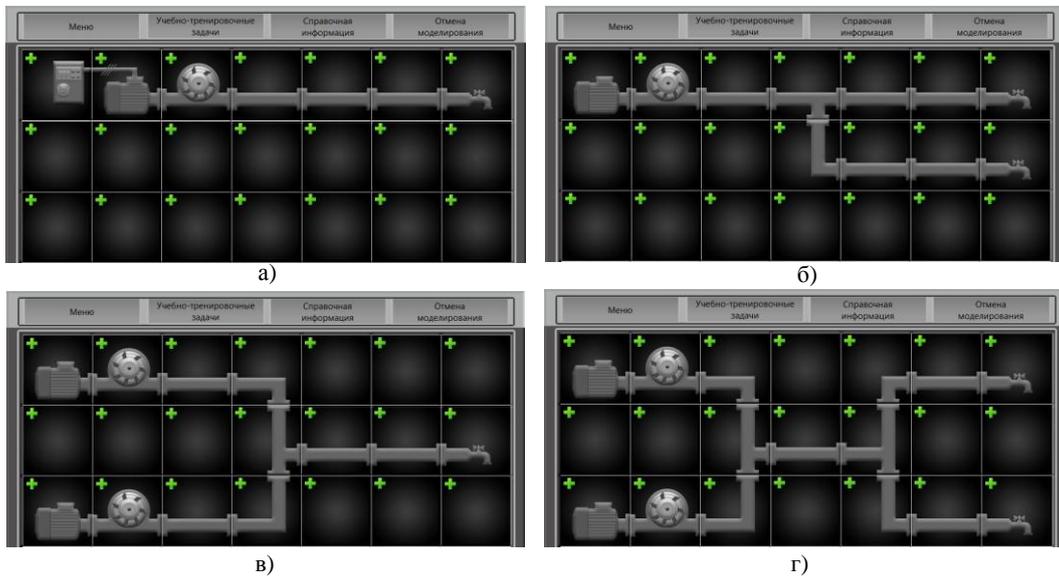


Рисунок 4 – Технологические схемы ГТС

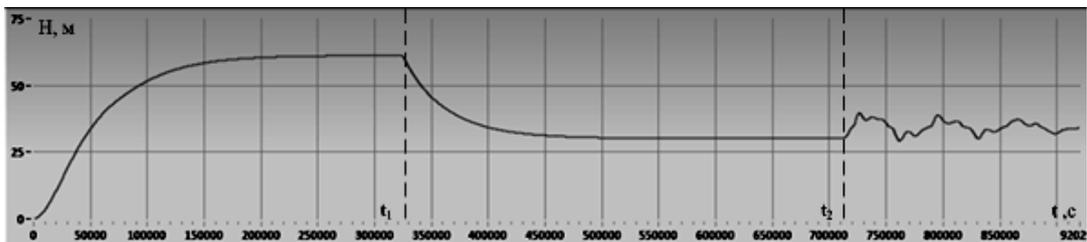


Рисунок 5 – Кривые изменения напора на выходе насосного агрегата от времени

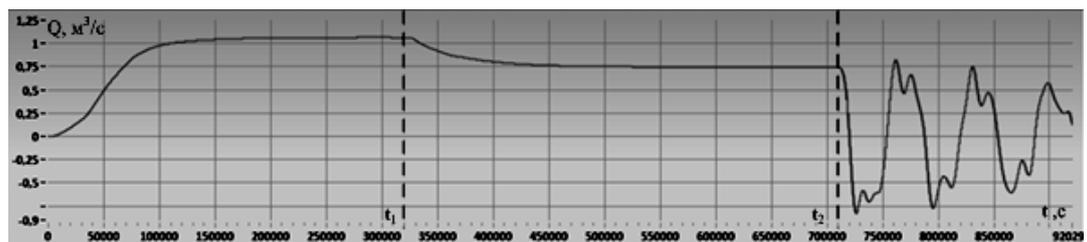


Рисунок 6 – Кривые изменения расхода на выходе потребителя от времени

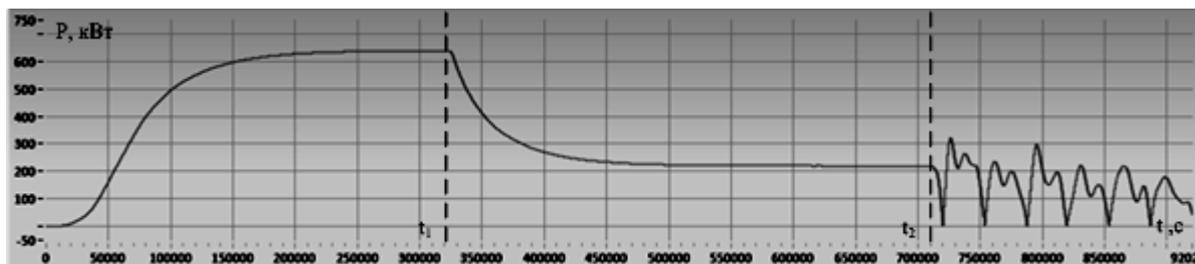


Рисунок 7 – Кривые изменения гидравлической мощности на выходе насосного агрегата от времени

Анализ полученных кривых (рис. 5–7) показал, что в момент времени t_0-t_1 происходит запуск насосного агрегата на открытую задвижку, установленную в конечном пункте водопотребления, и выход на номинальные параметры. В момент времени t_1-t_2 происходит регулирование производительности насосного агрегата путем изменения частоты вращения электродвигателя с 50 Гц на 35 Гц. Это сопровождается снижением напора, расхода и гидравлической мощности на выходе. При резком закрытии задвижки, в момент времени t_2 , в системе имеют место колебательные процессы, обусловленные резким изменением давления в гидросети, что подтверждается наличием пульсаций напора, расхода и гидравлической мощности.

ВЫВОДЫ. Разработанный графический интерфейс виртуального конструктора ГТС позволяет с помощью визуальных графических элементов создавать технологические схемы различной степени сложности и конфигурации, задавать параметры виртуальных элементов, моделировать режимы работы гидравлического оборудования с учетом соединения насосов и трубопроводов, редактировать справочные базы данных электрогидравлического оборудования. При этом могут быть рассмотрены как регулировочные режимы работы при изменении

производительности или напора известными из практики методами регулирования, так и аварийные ситуации в работе технологического оборудования (гидравлические удары, внезапный останов насосного агрегата, резкое закрытие трубопроводной арматуры и т.п.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилова Н.И. Проектирование виртуальных тренажеров. – Режим доступа: <http://ckto.narod.ru/stvirtr.htm>
2. Донской А.Н. Тренажеры на базе ЭВМ для оперативного персонала ТЭЦ // Энергетик. – 1995. – № 5. – С. 28. – Режим доступа: <http://simulators.narod.ru/intro.htm>
3. Черный А.П., Луговой А.В., Родькин Д.И. и др. Моделирование электромеханических систем. – Кременчуг, 2001. – 376 с.
4. Селезнев В.Е., Алешин В.В., Прялов С.Н. Современные компьютерные тренажеры в трубопроводном транспорте: математические методы моделирования и практическое применение. – М.: МАКС Пресс, 2007. – 200 с.
5. Разработка виртуальных лабораторных работ средствами эмулятора Emu8086. – Режим доступа: <http://bibliofond.ru>.

THE GRAPHICAL INTERFACE OF VIRTUAL CONSTRUCTOR FOR HYDROTRANSPORT SYSTEMS

E. Korenkov, O. Kravets

Kremenchuk Mykhailo Ostrogradskyi National University
ul. Pervomayskaya, 20, Kremenchug, 39600, Ukraine. E-mail: reax0n@mail.ru

Developed graphical user interface design virtual hydro-systems, with which to create flow charts of any complexity and configuration, set the parameters of the virtual elements to simulate operating conditions of hydraulic equipment, taking into account the connection of pumps and pipelines, edit, reference databases of electro-hydraulic equipment. On the basis of the proposed mathematical models of objects of hydro-developed virtual items in the software package LabVIEW.

Key words: virtual constructor, graphical interface, hydrotransport system, virtual element, technological scheme.

REFERENCES

1. Vavilova N.I. *Design of virtual simulators*. – Mode of access: <http://ckto.narod.ru/stvirtr.htm> [in Russian]
2. Donskoy A.N. Simulators based on PC for the operational staff of TEC // *Energetic*. – 1995. – № 5. – С. 28. – Mode of access: <http://simulators.narod.ru/intro.htm>. [in Russian]
3. Chorny A.P., Lugovoy A.V., Rodkin D.Y. and oth. *Simulation of electromechanical systems*. – Kremenchug, 2001. – 376 p. [in Russian]
4. Seleznev V.E., Aleshin V.V., Pryalov S.N. *Modern computer simulators in the pipeline transport: mathematical modeling techniques and applications*. – М.: MAX Press, 2007. – 200 p. [in Russian]
5. *Development of virtual laboratory tools by means of emulator Emu8086*. – Mode of access: <http://bibliofond.ru>. [in Russian]

Стаття надійшла 03.03.2012.

Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Грабком В.В.