

УДК 004.8

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОПОРШНЕВЫМ
НЕФТЯНЫМ НАСОСОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО
ДВОЙНИКА В ПРОГРАММЕ CODESYS.**

Токарев А.Д.¹, студент магистратуры гр. ЭАмд-21, II курс, Старостина Я.К.²,
доцент, к.т.н.

¹Ульяновский государственный технический университет
г. Ульяновск

² Ульяновский государственный технический университет
г. Ульяновск

Использование погружных гидропоршневых насосных установок (ГПН) – насосов плунжерного типа, благодаря возвратно- поступательному движению, создаваемому рабочей жидкостью, закачиваемой рядом труб, позволяет реализовать один из способов добычи нефтепродуктов из наклонных и высокодебитных скважин.

Гидропоршневой нефтяной насос состоит из наземного оборудования и скважинного оборудования. Компоненты насосного агрегата представлены на рисунке 1 и включают в себя следующие элементы:

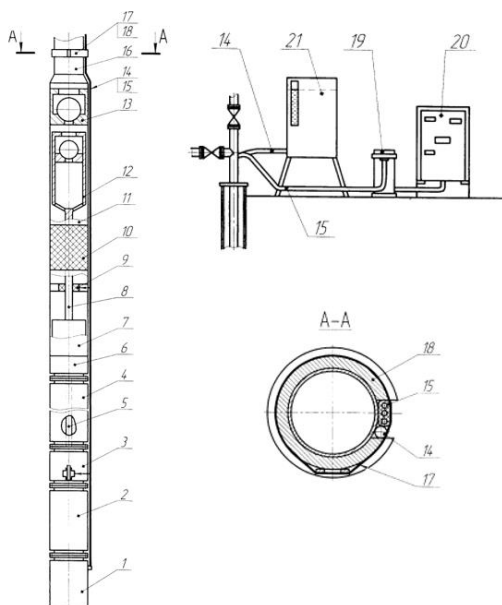


Рисунок 1. Устройство гидропоршневого нефтяного насоса

- погружной трансформатор;
- погружной электродвигатель;
- силовой насос (в данной установке будет использоваться погружной электроцентробежный насос);

- емкость, выполненная из трубы с пеногасителем, фильтром с байпасной линией (обходной линией, необходимой для создания альтернативного пути движения нефти в момент технического обслуживания или ремонта), а также возможностью выравнивания внутреннего и наружного давления.

- трубопровод;
- золотниковое устройство (золотник) – устройство, предназначенное для управления и перераспределения рабочей жидкости.

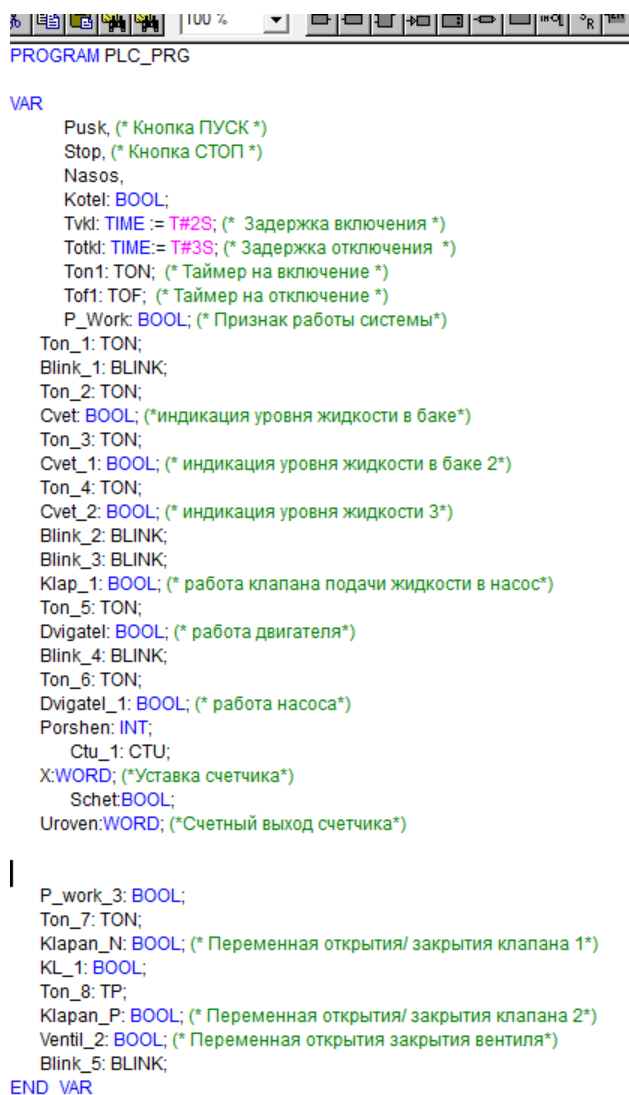
- рабочая полость цилиндра;
- шток;
- уплотнительный узел;
- всасывающая головка, расположенная между гидропоршневым двигателем и гидропоршневым насосом;

- гидропоршневой насос;
- плунжер (цилиндр или вытеснитель, обладающий цилиндрической формой, размеры которой значительно превышают диаметр плунжера и используется только в устройствах, где необходимо обеспечивать высокий показатель давления.), на котором расположен встроенный всасывающий клапан;

- нагнетательный клапан;
- трубопровод малого сечения;
- силовой кабель;
- колонна НКТ (насосно- компрессорных труб) – представляет собой канал, перемещающий пластовую жидкость, которая в дальнейшем через насос поступает на поверхность;

- поясок НКТ;
- центратор;
- станция управления;
- бак с рабочей жидкостью; [1, с.3 – 5]

Для реализации программы управления будет использоваться язык SFC программы CodeSys. На рисунке 2 изображен код программы с обозначением основных переменных и блоков, используемых для реализации управления и связи с проектом визуализации.



```

PROGRAM PLC_PRG

VAR
    Pusk, (* Кнопка ПУСК *)
    Stop, (* Кнопка СТОП *)
    Nasos,
    Kotel: BOOL;
    Tvkl: TIME := T#2S; (* Задержка включения *)
    Totkl: TIME := T#3S; (* Задержка отключения *)
    Ton1: TON; (* Таймер на включение *)
    Tof1: TOF; (* Таймер на отключение *)
    P_Work: BOOL; (* Приznak работы системы*)
    Ton_1: TON;
    Blink_1: BLINK;
    Ton_2: TON;
    Cvet: BOOL; (*индикация уровня жидкости в баке*)
    Ton_3: TON;
    Cvet_1: BOOL; (* индикация уровня жидкости в баке 2*)
    Ton_4: TON;
    Cvet_2: BOOL; (* индикация уровня жидкости 3*)
    Blink_2: BLINK;
    Blink_3: BLINK;
    Klap_1: BOOL; (* работа клапана подачи жидкости в насос*)
    Ton_5: TON;
    Dvigatel: BOOL; (* работа двигателя*)
    Blink_4: BLINK;
    Ton_6: TON;
    Dvigatel_1: BOOL; (* работа насоса*)
    Porshen: INT;
    Ctu_1: CTU;
    X: WORD; (*Уставка счетчика*)
    Schet: BOOL;
    Uroven: WORD; (*Счетный выход счетчика*)

|
    P_work_3: BOOL;
    Ton_7: TON;
    Klapan_N: BOOL; (* Переменная открытия/ закрытия клапана 1*)
    KL_1: BOOL;
    Ton_8: TP;
    Klapan_P: BOOL; (* Переменная открытия/ закрытия клапана 2*)
    Ventil_2: BOOL; (* Переменная открытия закрытия вентиля*)
    Blink_5: BLINK;
END_VAR

```

Рисунок 2. Код программы на языке CFC

Принцип работы программы, изображенной на рисунках 4,5,6,7 следующий:

Для запуска программы управления гидropоршневym нефтяным насосом необходимо нажать кнопку «PUSK», расположенное на панели визуализации. От кнопки «PUSK» происходит включение контакта триггера «P_WORK», что в дальнейшем запустит включение таймера Ton_1 и работу генератора импульсов BLINK_1 и работу переменной «Kotel».

Таймер Tof_1 используется для отключения работы насоса путем управления переменной «Nasos».

Переменные «Cvet», «Cvet_1», «Cvet_2» используются для индикации уровня рабочей жидкости в баке. Блок Blink_2 используется для обозначения индикации низкого уровня жидкости в баке и уровня жидкости в полости цилиндра.

Переменная «Klapan_1» используется для отображения состояния клапана, предназначенного для подачи рабочей жидкости в полость цилиндра.

Переменные «Dvigatel» и «Dvigatel_1» используются для отображения состояния двигателя и насоса соответственно.

Использование блока инкрементного счета реализует движение плунжера в цилиндре. На панели визуализации расположен ползунок и шкала, используемые для регулирования и отображения скорости движения плунжера.

Переменные «Klapa_N» и «Klapa_P» используются для отображения состояния впускного и выпускного клапанов соответственно.

Переменная «Ventil_2» реализует отображение состояния впускного вентиля. [2, с.54 – 60]

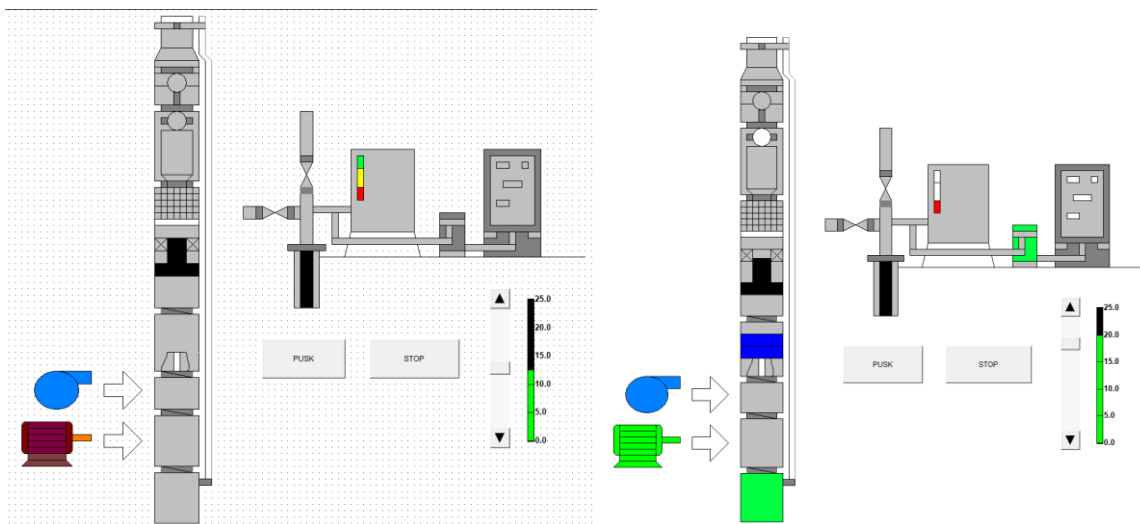


Рисунок 3. Визуализация процесса работы гидропоршневого нефтяного насоса

По мнениям многих специалистов, цифровые двойники можно представить, как виртуальную модель реального продукта, предназначенного для отображения разнообразных дефектов, обновляющихся в режиме реального времени с учетом износа оборудования. В данном случае визуализация гидропоршневого насоса является цифровым двойником, отображающим основные аспекты его работы, а использование языка CFC дает возможность наглядного отображения процесса работы гидропоршневого насоса. [3]

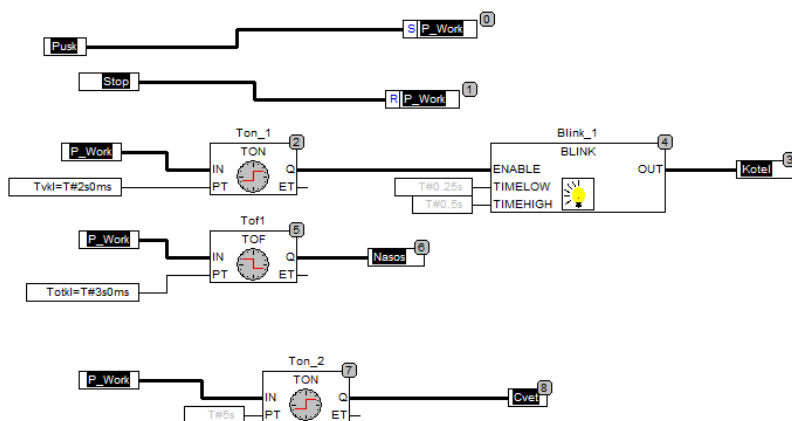


Рисунок 4. Фрагмент программы 1 на языке CFC

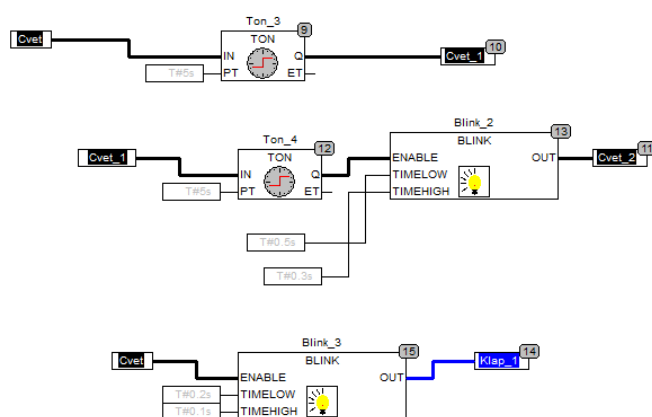


Рисунок 5. Фрагмент программы 2 на языке CFC

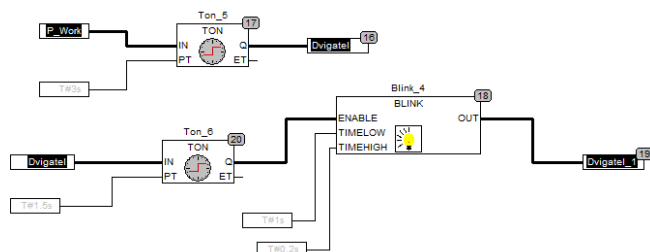


Рисунок 6. Фрагмент программы 3 на языке CFC

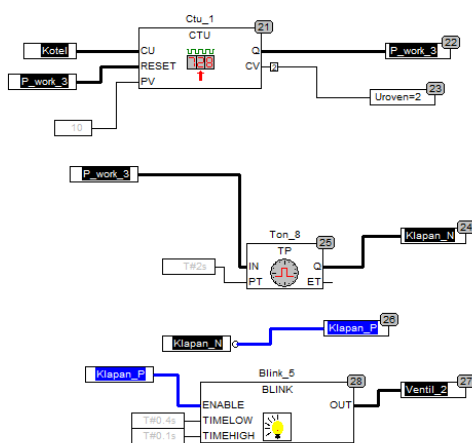


Рисунок 7. Фрагмент программы 4 на языке CFC

Таким образом, в результате проведенной работы была реализована система управления гидропоршневым нефтяным насосом, а именно:

- Составлено описание устройства и работы представленной установки;
- Разработана программа управления погружным насосом на языке CFC в программе Codesys;
- Реализована визуализация процесса работы гидропоршневого насоса;
- Составлено описание программы управления на языке CFC;

В соответствии с проведенным тестированием, программа соответствует заданию, работает корректно.

Список литературы:

1. Патент № 2 320 861 Российская Федерация, МПК E21B 43/20 C2. Способ скважинной добычи нефти : № 2005129982/03 : заявл. 28.09.2005 : опубл. 27.03.2008 / Елисеев Юрий Сергеевич , Зазулов Виктор Иванович , Исмагилов Рафаэль Асгатович, Лепеха Антон Анатольевич , Лепеха Анатолий Иванович – 10 с.
2. Воловодов, А.В. Интеллектуальная система управления скважинами с ЭПУ на основе цифрового двойника / А.В. Воловодов // Инженерная практика. – 2022. – № 9. – С. 54-62.
3. Егоров, А.А. Новые российские стандарты умного производства и его цифровые двойники / А.А. Егоров // Стандартизация и сертификация СА в энергетике: электронный журнал. – URL: https://avite.ru/download/2022/№2/nom_2_151_all_Егоров.pdf (дата обращения: 04.08.2024).
4. Я.К. Старостина, А.Д. Токарев, Д.Д. Поснов Использование нейросетевых регуляторов в автоматизированных системах управления электроприводом // Интеллектуальная электротехника. - Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2024. - С. 47-57.
5. Я.К. Старостина, А.Д. Токарев Система диагностики работы электродвигателей на основе использования нейронной сети // Казань: «ОСП НЦБЖД АН РТ», 2024. - С. 433-441.