

PROSPECTS OF APPLYING DYNAMIC STABILIZATION, WHEN MANUFACTURING
AND RECONDITIONING DRILL PIPES

Abstract

The paper focuses on process features of manufacturing drill pipes to control their geometry. It suggests ways to increase geometric accuracy and operating parameters, when manufacturing and reconditioning drill pipes, by applying cyclic loading.

Keywords: drill pipe, out-of-straightness, residual stress, cyclic loading, leveling.



УДК 621.774.63

А.В. Козлов, А.С. Верещагин

ФГАОУ ВО Филиал «Южно-Уральского государственного
университета» в г. Златоусте
г. Златоуст, Российская Федерация
E-mail: arta2009@mail.ru
Дата поступления 17.04.2018

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРУБОГИБОМ

Аннотация

Произведена модернизация серийного трубогиба ИВ-3430 для холодной гибки труб методом раскатывания. В ходе производственных испытаний модернизированного трубогиба выявлены ряд недостатков в существующей системе управления трубогибом, оказывающие негативное влияние на качество гибки труб. Для устранения недостатков и расширения технологических возможностей трубогиба произведено совершенствование данной системы с применением современных электронных устройств. Для упрощения работы оператора организован человеко-машинный интерфейс. Разработаны принципиальные схемы функционирования, а также циклограмма работы трубогиба. Представлены результаты испытаний модернизированной системы управления, показывающие целесообразность её внедрения.

Ключевые слова: совершенствование, управление, трубогиб, раскатывание, модернизация.

В Южно-Уральском государственном техническом университете разработана не имеющая аналогов технология холодной гибки труб большого диаметра и оборудование для её реализации, в основе которой лежит воздействие на изгибаемую трубу вращающегося раскатника [1].

На основании проведённых теоретических и экспериментальных исследований было разработано оборудование для гибки труб диаметром 20–200 мм. В частности, проведена модернизация серийного трубогиба ИВ-3430. Трубогиб был снабжен механизмом раскатывания изгибаемой трубы и

механизмом создания натяга, выполненном в виде инерционного нагружателя [2].

Кинематическая схема (рисунок 1) состоит из: 1 – электродвигатель А112МА6У1; 2, 4, 18, 20 – шкивы; 3 – ременная передача; 5 – подшипник радиальный; 6 – червячный редуктор РЧУ100-20-51-У2; 7 – муфта; 8 – подшипник радиально-упорный; 9 – червяк; 10/11, 12/13 – зубчатые передачи; 14 – эксцентриковый зажим; 15 – ролик гибочный; 16 – ролик раскатной, 17 – зажимной винт; 19 – инер-

ционный нагружатель; 21 – электродвигатель АИР100Д6У3; 22 – электродвигатель АИР63В4; 23 – насос Х1422М.

Рассмотрим подробно данную кинематическую схему. Труба крепится на борштангу, к концу которой закреплена раскатная головка 16. Концы трубы прижимают к гибочному ролику 15 с помощью эксцентрика 14. В таком состоянии установка готова к началу работы. Двигатель М1 посредством клиноременной передачи 3, червячного редуктора 6, муфты 7 и системы зубчатых передач 10-11, 12-13 передает крутящий момент на гибочный ролик 15.

Таким образом осуществляется продольное перемещение трубы. Двигатель М2 приводит во вращение шпиндельный узел, вращающий борштангу и инерционный нагружатель 19. Это обеспечивает вращение раскатной головке 16 и создание натяга. Двигатель М3 запускает насос 23, подающий в областьгиба охлаждающую жидкость.

Рассмотрим подробнее механизм создания натяга (рисунок 2), основными узлами которого являются: 1 – зажимной винт; 2 – раскатная головка; 3 – борштанга; 4 – шток; 5 – шкив; 6 – шпиндельный узел; 7 – рычаги; 8 – подвижная втулка; 9 – груз.

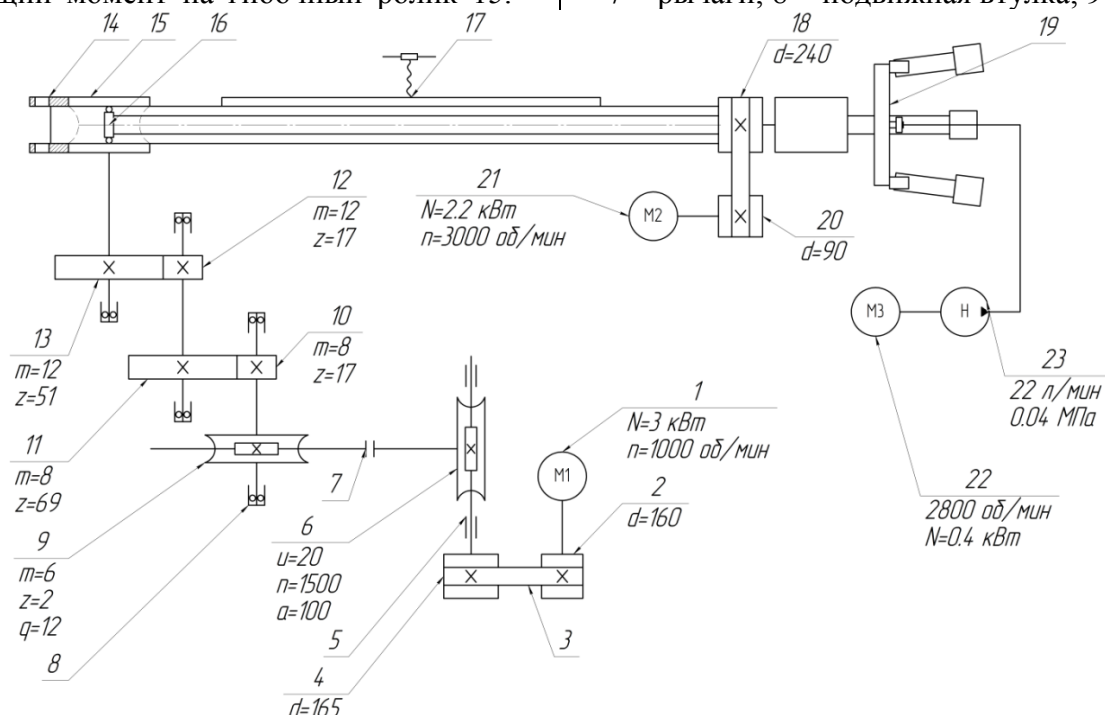


Рисунок 1. Кинематическая схема модернизированного трубогиба ИВ-3430

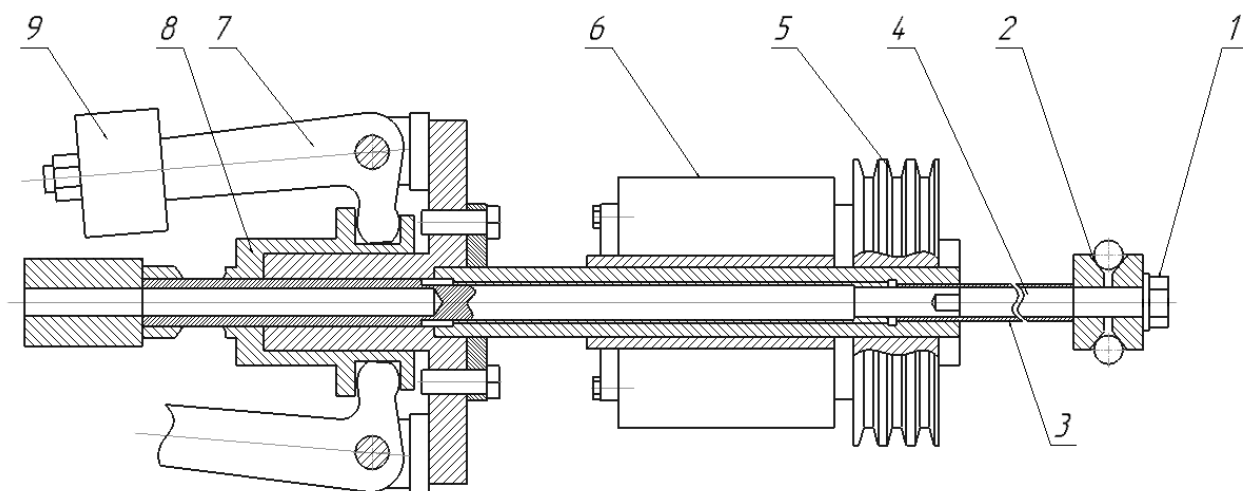


Рисунок 2. Инерционный нагружатель

Конструкция инерционного нагружателя состоит из рычагов 7, подвижной втулки 8 и груза 9. Втулка 8 соединена с подвижным штоком 4, который находится внутри борштанги 3. Также на борштанге закреплён шпindelный узел 6 со шкивом 5. На конце штока закреплена раскатная головка 2 и зажимной винт 1. При вращении борштанги двигателем М2 происходит разведение грузов 9 инерционного нагружателя в стороны. Рычаги 7 под действием сил инерции отводят в сторону втулку 8, которая перемещает в осевом направлении шток 4. При этом винт 1, закрепленный на конце штока, упирается в раскатную головку 2, создавая таким образом натяг.

На рисунке 3 представлена электрическая схема данного трубогиба: М1, М2 –

двигатели асинхронные; М3 – электронасос; КК1...КК3 – реле электротепловое; КМ1...КМ4 – магнитные пускатели; QF1 – выключатель автоматический; SB1...SB8 – кнопки пуска/останова. Запуск системы происходит замыканием QF1. Прямой и обратный ход трубы осуществляется двигателем М1 и кнопками SB1 и SB2 соответственно. Включение двигателя раскатки М2 происходит кнопкой SB5. Кнопка SB7 запускает двигатель М3, запускающий подачу жидкости в областьгиба. При необходимости остановки всех двигателей используется кнопка SB8. Защиту от перепадов напряжения, высоких токов нагрузки и т.п. осуществляют электротепловые реле и автоматический выключатель.

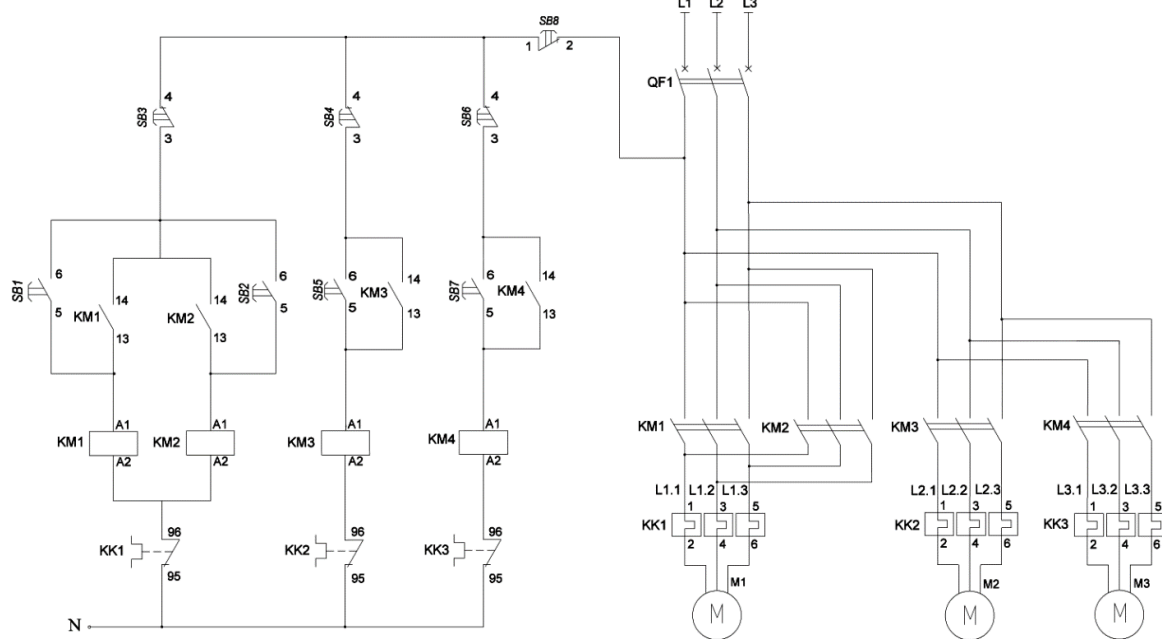


Рисунок 3. Электрическая схема трубогиба ИВ-3430

Многолетние испытания гибки труб методом раскатывания выявили ряд недостатков в приведенной системе управления [3]. Как видно из электрической схемы (рисунок 3), двигатели М1 и М2 работают не согласованно. Отсутствие регулировки времени выхода двигателей на максимальные обороты приводит к образованию на внутренней части трубы нежелательных уступов в начальный и конечный моменты временигиба (рисунок 4, 5). Данный дефект может негативно сказаться на эксплуатационных свойствах трубы, а также стать

причиной её разрушения в данных сечениях.

Также невозможность плавного пуска двигателей приводит к сокращению их срока службы. Ввиду отсутствия регулировки частоты вращения двигателей, гибка различных по толщине и диаметру труб осуществляется при одинаковых режимах работы.

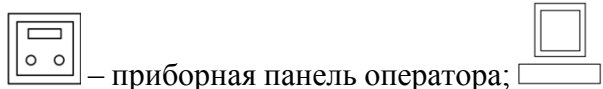
Ряд перечисленных проблем можно решить путем совершенствования системы управления трубогибом, что позволит

упростить работу оператора, а также повысить точность и производительность гибки труб методом раскатывания. Для этого была разработана функциональная схема управления трубогибом (рисунок 6). Выделим главные функции системы управления:

1. Управление инерционным нагрузателем;
2. Прямой/обратный ход гибочного ролика;
3. Отображение и редактирование параметровгиба;
4. Контроль углагиба.

Преобразователи частоты устраняют выделенные проблемы, связанные с работой и регулировкой частоты вращения двигателей. Датчик угловых перемещений является высокоточным устройством, который работает напрямую с промышленным контроллером.

На рисунке 6 приведены следующие обозначения:



– приборная панель оператора; – персональный компьютер; ЭНК – датчик угловых перемещений (энкодер); БП – блок

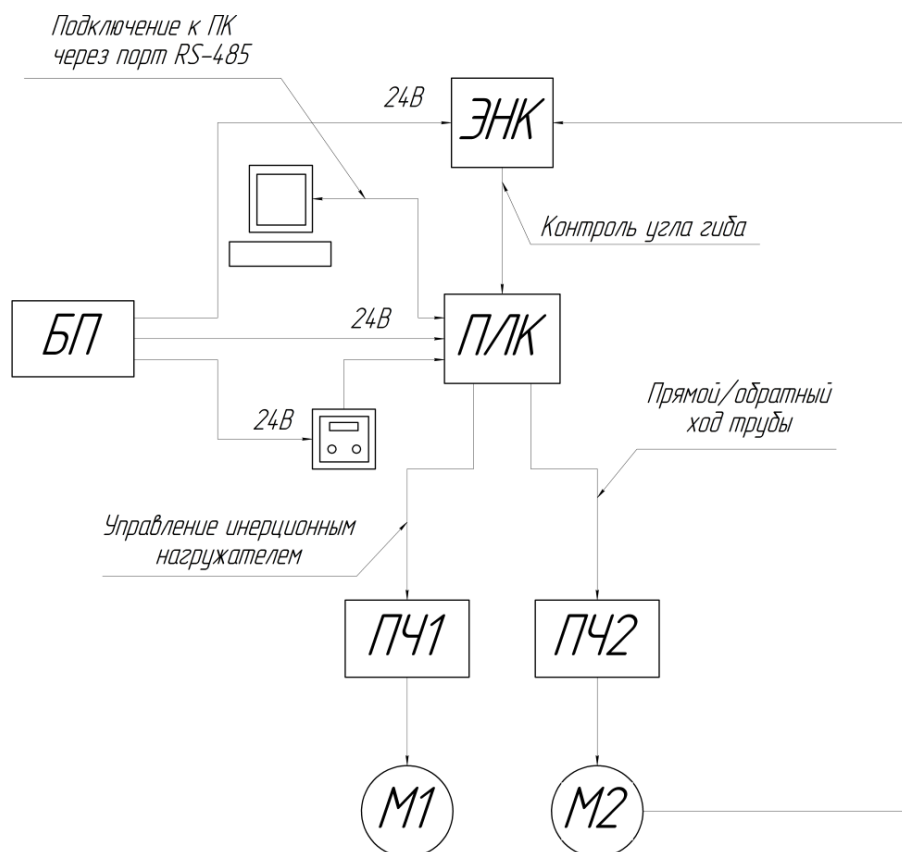


Рисунок 6. Функциональная схема системы управления трубогибом

питания; ПЛК – программируемый логический контроллер; М1 – привод механизма раскатки; М2 – привод механизма продольного перемещения трубы; ПЧ1/ПЧ2 – преобразователи частоты.



Рисунок 4. Дефект внутренней стороны трубы в началегиба



Рисунок 5. Дефект внутренней стороны трубы в концегиба

Двигатели для плавного пуска, останова и регулирования частоты вращения подключены к преобразователям частоты. Ввод технических данных для гибки производится как с контроллера, так и с приборной панели оператора, подключенной к ПЛК.

Гибка начинается по нажатию кнопки «пуск» с панели оператора. Энкодер отправляет сигнал на ПЛК о начальном (нулевом) положении гибочного ролика. ПЛК отправляет сигнал на включение двигателей. В этот момент происходит гиб трубы. Данные об изменении положения гибочного ролика отправляется для сравнения с требуемым на ПЛК посредством обратной связи. При достижении требуемого углагиба, контроллер останавливает двигатели.

По нажатию кнопки «реверс» с панели оператора происходит отжим трубы двигателем М2 от гибочного ролика. Угол отжима является задаваемым параметром. При достижении этого угла происходит останов двигателя М2. Все изменяемые параметры отображаются на панели оператора.

Внедрение новых устройств в текущую систему управления приводит к изменению электрической схемы трубогиба. На основании функциональной схемы управления (рисунок 6), была разработана принципиальная электрическая схема (рисунок 7). Установленные ПЧ1 и ПЧ2 заменяют собой магнитные пускатели КМ1-КМ4 и защитные теплореле КК1-КК3 для двигателей, что повышает надежность системы в целом.

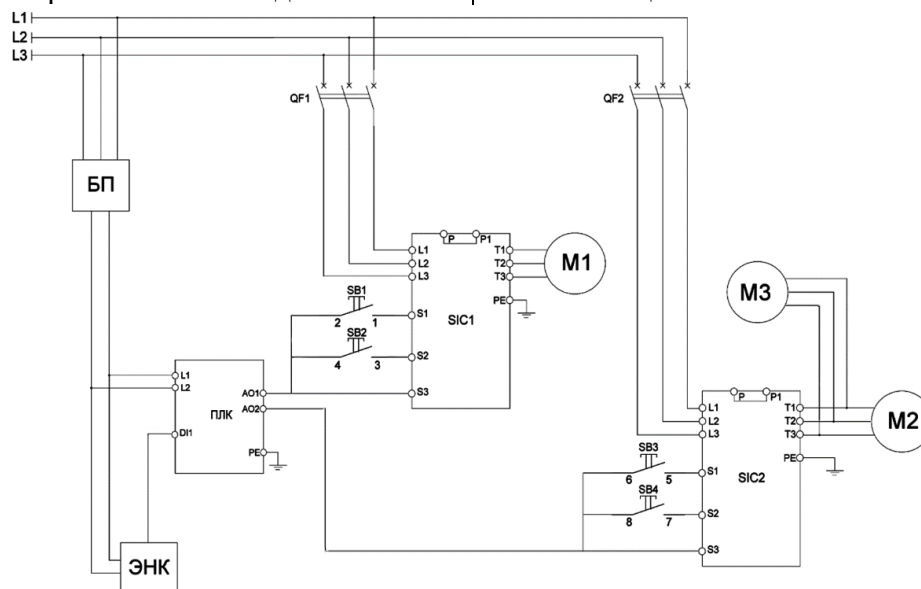


Рисунок 7. Схема электрическая принципиальная

На рисунке 7 приведены следующие условные обозначения:

М1 – двигатель гибочного ролика; М2 – двигатель раскатной головки; М3 – двигатель подачи охлаждающей жидкости; QF1/QF2 – автоматические выключатели; SB1/SB3 – кнопки пуска и останова; SB2/SB4 – кнопки реверса и останова; SIC1/SIC2 – преобразователи частоты; ПЛК – программируемый логический контроллер; ЭНК – датчик угла поворота; БП – блок питания.

Составление алгоритма работы системы является важной задачей, позволяю-

щей подробно раскрыть логику работы разрабатываемой системы. Необходимо учесть такие параметры, как считывание углагиба с момента последней работы трубогиба, угол догиба и реверс двигателей для отжима трубы. Эти значения необходимо отслеживать оператору, а также при необходимости изменять перед следующей гибкой труб. Подробный алгоритм работы трубогиба представлен на рисунке 8.

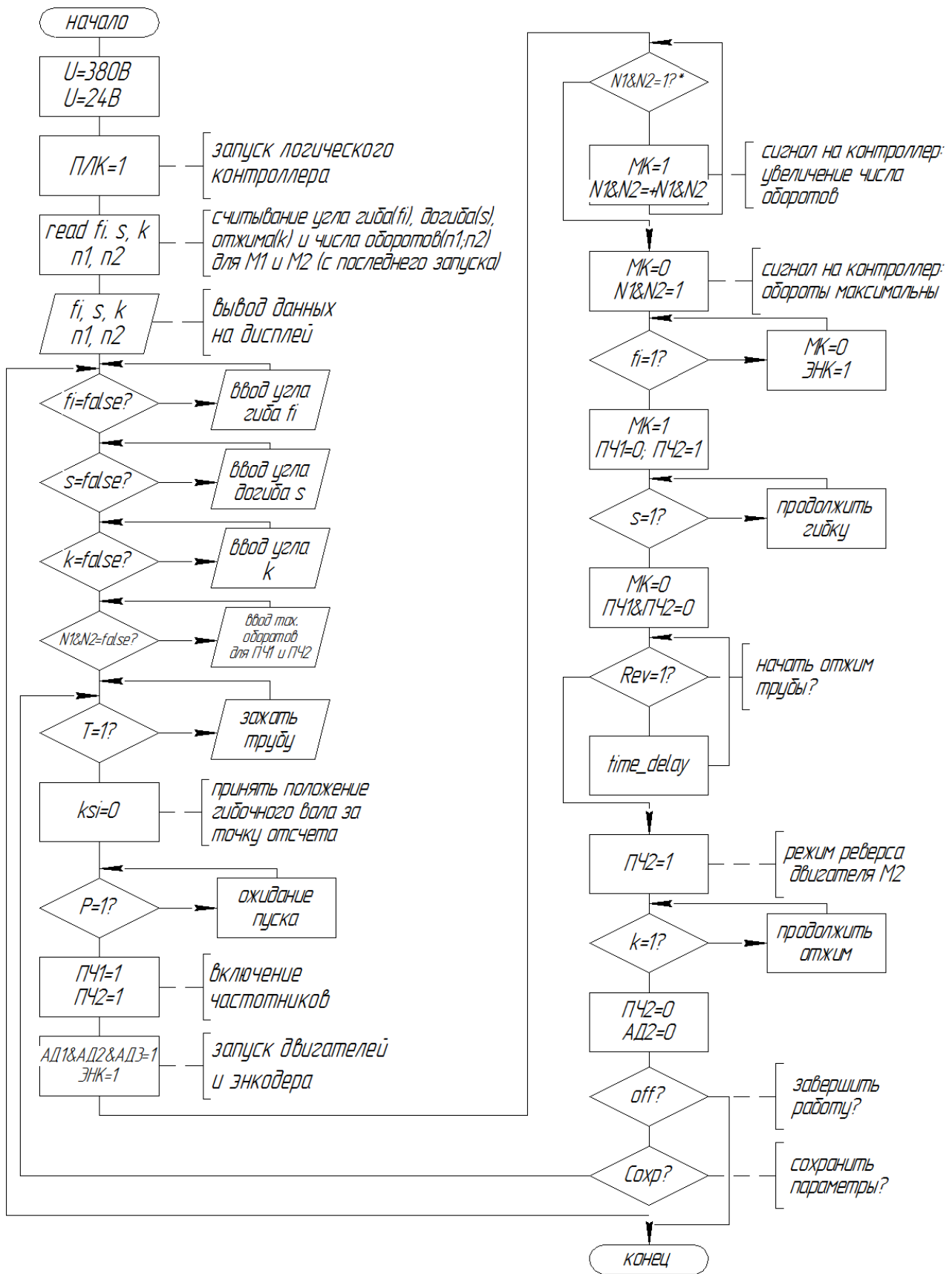


Рисунок 8. Алгоритм работы трубогиба

По алгоритму разработана циклограмма работы трубогиба, представленная на рисунке 9. Цикл гибки трубы можно условно разделить на три временные группы: 1 – закрепление трубы; 2 – гибка трубы; 3 – снятие трубы. На участке 1 происходит загрузка трубы. В этот момент подается питание и включается ПЛК. На участке 2-3 происходит закрепление трубы с помощью зажимного механизма. Этот процесс занимает длительное время, т.к. возникает необходимость в точном позиционировании трубы на раскатной головке. На участке 4 происходит плавный пуск двигателей раскатной головки и гибочного вала от ПЧ. Также включается датчик угла поворота, который передает информацию о положении гибочного вала на ПЛК. Участок 5-6 представляет собой прямой рабочий ход. На этом этапе происходит гибка

трубы гибочным роликом. На участке 7 показан плавный останов рабочего хода. Трубу на участке 8 перед обратным ходом необходимо немного отжать. В противном случае снять трубу будет проблематично ввиду нагрузок, которые труба оказывает на механизм зажима. На участках 9-11 показан обратный ход и плавный останов двигателя гибочного ролика. Данный процесс занимает продолжительное время ввиду невысоких оборотов гибочного вала. После полной остановки происходит окончательный отжим трубы (участок 12). На участке 13 происходит снятие готовой трубы и трубогиб переходит в режим ожидания, который показан на участке 14.

Общее время работы составляет 8 минут 30 секунд и может варьироваться в зависимости от параметров трубы, технических требований, а также профессиональных навыков и опыта оператора.

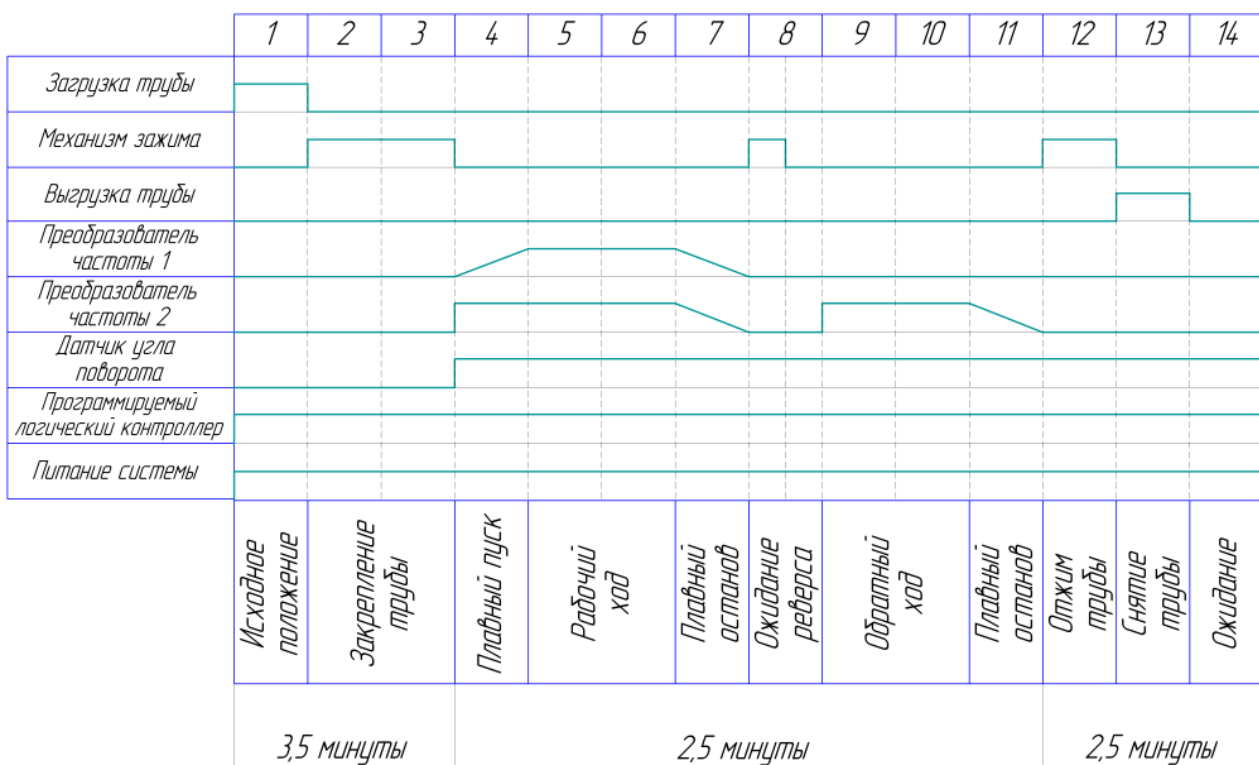


Рисунок 9. Циклограмма работы трубогиба ИВ-3430

Заключение

В настоящее время реализовано векторное частотное управление асинхронными двигателями. Модернизированный трубогиб внедрён в производство. Была произведена гибка

опытной партии труб диаметром 52×5 мм из стали марки 12X18H10T (рисунок 10) и диаметром 108×5 мм из стали марки 20. Удалось добиться плавного перехода на внутренней стороне трубы.



Рисунок 10. Фото продольного сечения изогнутой трубы из стали марки 12X18H10T

Библиографический список

1. Патент 818 707 РФ МКИ В 21D 9/14. Способ гибки труб С.Г. Лакирев, Я.М.Хилькевич (РФ), №2713945/25; Оpubл. 07.04.81. бюл. №13
2. Козлов, А.В. Технология и оборудование холодной гибки тонкостенных труб: монография / А.В. Козлов, А.В. Бобылев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 169 с.
3. Козлов, А.В. Разработка оборудования для холодной гибки труб с раскатыванием / А.В. Козлов // Вестник МГТУ им. Носова. –2010. – № 1. – С. 50–51.
4. Козлов, А.В. Опыт гибки тонкостенных труб в холодном состоянии / А.В. Козлов, В.Г. Шеркунов, Я.М. Хилькевич // Технология машиностроения. –2008. –№ 10. – С. 21–22.
5. Козлов, А.В. Контроль состояния материала труб при гибке с раскатыванием / А.В. Козлов, В.Г. Шеркунов // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 11. – С.49–53.

Information about the paper in English

A.V. Kozlov, A.S. Vereshchagin

The Zlatoust Branch of the South Ural State University,
Zlatoust, Russia

E-mail: vladi@tut.by

Received 17.04.2018

DESIGNING A PIPE BENDER CONTROL SYSTEM

Abstract

Serial pipe bender IV-3430 for pipe cold bending by rolling was modernized. When conducting production tests of the modernized pipe bender, we revealed some faults in an existing pipe bender control system, affecting the quality of pipe bending. To eliminate such faults and expand technological capabilities of the machine, such system was upgraded with modern electronic devices. An HMI was introduced for an operator's convenience. Basic diagrams and a cyclogram of the pipe bender were developed. The paper contains results of tests of the modernized control system, showing feasibility of such developed system.

Keywords: upgrading, control, pipe bender, rolling, modernization
