

MINISTRY OF HIGHER AND SECONDARY SPECIALIZED  
EDUCATION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN  
BUKHARA ENGINEERING TECHNOLOGICAL INSTITUTE

*Manuscript copyright*

*UDK 685.655.043*

## **MASTER'S DISSERTATION**

Bekhruz Gafurov

**Subject: «The development of information and communication control  
system for the non-stationary heat exchange process»**  
in specialty of 5A321701 - «Information and communication control systems  
of technological process» for master's degree

Scientific supervisor

Ph.D. Mekhmonov I.I.

BUKHARA-2016

## **ANNOTATION**

This master thesis contains researches on automation of heat pump operation, which is used in the unit for obtaining ingredients from plants using liquefied CO<sub>2</sub>. The operation of heat pump as a source of non-stationary heat exchange has been studied, engineering design of CO<sub>2</sub> extraction unit heat pump has been made. Functional diagram of heat pump automation has been developed and investigation has been conducted. As a result, stability and steadiness indicators has been justified, three-level structure of the ICS process control as well as control program for manufacturing process and human-machine interface HMI of heat pump operation control by means of remote access have been developed.

## **ANNOTATSIYA**

Ushbu magisterlik dissertatsiya ishida suyultirilgan CO<sub>2</sub> gazi orqali o'simlik xom-ashyosidan ingrediylarni olish jarayonida qo'llangan issiqlik nasosini avtomatlashtirish uchun tadqiqot ishlari olib borilgan. Issiqlik nasosini nostatsionar issiqlik almashish jarayoni sifatida o'rganilgan, issiqlik nasosining muhandislik hisob-kitobi bajarilgan, rostlash tizimini barqarorlik hamda turg'unlik bo'yicha dinamik xarakteristikalari tadqiqot qilingan va asoslangan. CO<sub>2</sub> – ekstraksiyalash jarayonida qo'llangan issiqlik nasosining ish jarayonini axborot – kommunikatsion tizimlar orqali boshqarishning uch darachali arxitekturasi ishlab chiqarilgan. Undan tashqari jarayonini boshqarish uchun dastur hamda operator-mashina interfeysi yaratilgan. Ishlab chiqarilgan tizim masofadan turib jarayonni nazorat qilish, boshqarish hamda kuzatish imkoniyatlarini beradi.

## **АННОТАЦИЯ**

В настоящий магистерской диссертации проведены исследования по автоматизации работы теплового насоса, применяемого в установке получения ингредиентов из растительного сырья с применением сжиженного

CO<sub>2</sub>. Изучена работа теплового насоса как источника нестационарного теплообмена, выполнен инженерный расчет теплового насоса установки CO<sub>2</sub>-экстракции. Разработана функциональная схема автоматизации работы теплового насоса, проведено исследование и обосновано показатели стабильности и устойчивости системы регулирования, разработана трехуровневая архитектура ИКС управления процессом, а также разработана программа управления технологическим процессом и человеко-машинный интерфейс ИКС управления работой теплового насоса. Разработанная ИКС управления процесса позволяет осуществлять контроль, управления и мониторинг работы теплового насоса удаленным доступом.

## CONTENTS

	<b>Introduction</b> .....	5
<b>Chapter I.</b>	<b>Unit of CO<sub>2</sub> -extraction with the application of heat pump</b>	
1.1.	Heat pump as a source of non-stationary heat exchange .....	11
1.2.	Description of unit of CO <sub>2</sub> -extraction .....	18
1.3.	Energy saving in unit of CO <sub>2</sub> -extraction .....	21
1.4.	Method of engineering calculation of the heat pump of CO <sub>2</sub> - extraction .....	24
<b>Chapter II.</b>	<b>Automation of the heat pump unit of CO<sub>2</sub> extraction</b>	
2.1.	Development of automation functional scheme .....	31
2.2.	Selection of sensors and actuating mechanisms .....	32
2.3.	Selection of programmable logic controllers and its justification	38
2.4.	Development of regulation systems and its research .....	42
<b>Chapter III.</b>	<b>Development of information - communication control system of the heat pump unit of CO<sub>2</sub> extraction</b>	
3.1.	Description structure of the information – communication system.	51
3.2.	Development of the process control software .....	59
3.3.	Development of Human-Machine Interface .....	69
	<b>Conclusion</b> .....	74
	<b>List of References</b> .....	76
	<b>Appendixes</b> .....	81

## INTRODUCTION

In his book "The Global financial-economic crisis, ways and measures to overcome it," President of Uzbekistan Islam Karimov stresses: "Today we have every reason to say that we have adopted model of transition to a socially oriented free market economy, based on five principles, with each year of our moving forward justifies its accuracy and consistency

The ongoing balanced and thoroughly thought-out policy of reform, liberalization and modernization of economy, diversification of its structure has created a rather powerful barrier, we can say, robust and reliable buffer that protects us from negative impacts of crises and other threats "[1].

Indeed, in recent years the emphasis was placed on the increase and modernization of production, organization of import-substituting and export-oriented production and it gave results.

President of Uzbekistan Islam Karimov at the session of the Cabinet of Ministers dedicated to the results of socioeconomic development in 2015 and the most important priorities of economic program for 2016[2] told about it in his report.

Modern production is characterized by ever-increasing complexity and diversity of operations and equipment. The management of such process is possible only with the widespread use of methods and means of control and automation.

As a result of the automation of the technological process, automatic process control system is being created.

Automation of technological processes in a single production process allows you to organize the basis for the implementation of technological control systems and enterprise control systems.

**Automated control system of technological process (ACS TP)**—is the solutions group of hardware and software components designed for automated

control of technological equipment in the industrial enterprises. It can have connection with more general automated enterprise control system (AECS).

Under ACS TP is usually understood a holistic solution that provides automation of main operations of production process in the manufacturing as a whole or in its part producing fully processed item.

The term "automatically controlled", in contrast to the concept of "automatic", emphasizes the need for human participation in individual operations, in order to maintain control over the process, and due to the automation complexity and impracticality of the of certain operations.

The components of ACS TP can be individual automated control systems (ACS) and automated devices, connected into a single complex. Such as supervisory control and data acquisition (SCADA), distributed control systems (DCS), and other smaller control systems (for instance systems on programmable logic controllers (PLC). Typically, ACS TP is a single system of operator control of manufacturing process in the form of one or more remote controls, means of data processing and archiving about process progress, typical automation elements: sensors, control devices, actuators. For data connection of all subsystems industrial networks are used.

Nowadays, environmental and social conditions prevailing in the world require new approaches to the manufacture of food and pharmaceutical products. Application of some extractant which can cause toxic affect is prohibited in pharmaceutical industry and in food industry it is limited. Modern extraction industry is forced to use solvents with higher extracting capacity, but does not meet the quality standards and fire safety.

The objectives of modern processing technology are the maximum preservation of vitamins, trace elements and biologically active substances of raw materials, the speed of processing, the ecological purity of the product, and of course energy saving.

In the extraction technology of medicinal oil from the kernel of fruit stones, etc., oil is extracted from the raw material by cold double pressing [3]. The oil ratio is 30-40% of the total amount of oil in the raw material. A grape seed oil obtained by extraction method [3].

Central Asia is very rich with vegetable raw materials which can be used for food ingredients, pharmaceutical substrates, as well as perfume raw materials. The oil extracted from the fruit seeds, fruit and grape seeds, mainly used in the pharmaceutical and food industry.

Development of energy-saving technology methods which allow getting new high-quality products in the pharmaceutical, cosmetics and food industry, is determined by social need of high-quality medicines and food, as well as by social need in clean production.

Problem of substances rational use in the supercritical state in closed technology cycles, and other high technology [4] is being actively solved in the developed countries in the last decade.

Application of liquid carbon dioxide as extractant is one solution for this problem. Exactly CO<sub>2</sub> - extraction is widely spread in the world. Firstly, it depends on high profitability and production effectiveness of the process which allows implementing not only high-quality raw material processing, but processing of production wastes as well for main components extraction to improve the quality of the low-grade product [5].

Different plants, spiced and aromatic products, secondary raw materials of processing industries (grape seeds, fruit kernels, fruit and berry marc, oilseed meal, oil cake, etc.) and products of animal origin are raw materials for CO<sub>2</sub>-extracts

Features of the vegetable raw materials structure of our region, fruit kernels and other wastes, suggest the development of technological extraction modes with usage of liquid carbon dioxide, the kinetics and dynamics of the extraction process and the effect of various factors such as different kinds of kernels and seeds, their sizes, processing temperature, the mixture of organic solvents with condensed

gases on the received amount and quality of the product.

The energy costs for heat and mass transfer processes in the primary processing of vegetable raw materials and in the food products manufacturing comprise 70% of the total used energy.

In the light of this, engineering and technologies foundations on CO<sub>2</sub>-extraction designed for local raw materials shall be developed and alternative renewable sources of energy (heat pumps) shall be used while process implementation.

Small and medium-sized business development, the introduction of small-capacity plants for processing of agricultural raw materials in farms poses problems of power supply in rural areas. Hence technologies with use of renewable energy sources, such as solar energy and heat pumps are necessary to be provided.

**Relevance of the thesis research topic.** System development with use of non-stationary heat exchange process, which is the operation of heat pump and development of control systems of these processes by modern means of control, is necessary for solving the problems of energy saving in small-scale production technologies of extracts with liquefied carbon dioxide usage.

Currently, the President and the Government of the Republic of Uzbekistan pay lot of attention to the use of alternative energy sources for manufacturing processes. This is evidenced by the order of the president of the Republic of Uzbekistan №43 / 2013 dated by 01.03.2013 "On measures for further development of alternative energy sources."

**The aim of the thesis is** to study the process and the development of information and communication operation control system of the heat pump of experimental CO<sub>2</sub>-extraction unit.

**Practical significance of this work.** The use of the heat pump and the development of information and communication operation control system of the heat pump allow:

- Reducing costs of CO<sub>2</sub> - extraction organization by reducing energy costs;



- Stabilization of the heat pump operating characteristics and operating conditions of non-stationary thermal process;
- Provision of reliable and trouble-free operation of the heat pump in the technological diagram of CO<sub>2</sub>-extraction.

**Scientific novelty of the work.**

- Implementation of engineering calculations for the heat pump of CO<sub>2</sub> extraction unit and coefficient determination of energy conversion and the necessary power of the heat pump for a particular technological diagram of CO<sub>2</sub>-extraction.
- Research and justification of the stability indicating parameters and stability of control system.
- Development of process control program.
- Development of human-machine interface ICS control of the heat pump operation.

**To achieve the set goal, the following tasks has been performed:**

1. The operation of the heat pump as a source of non-stationary heat exchange has been studied;
2. Engineering calculation of the heat pump CO<sub>2</sub> extraction unit has been implemented;
3. Functional diagram of automatic performance of heat pump CO<sub>2</sub> extraction unit has been developed;
4. The research has been implemented and valid indicators of system stability have been justified;
5. Three-levelled architecture of ICS process control has been developed;
6. Technology process control program has been developed
7. A human-machine interface ICS control of heat pump operation has been developed.

The volume of this thesis 99 pp. of typewritten text consists of an introduction, three chapters, the main part, conclusion, list of used data resources and appendix.

This work has been implemented in accordance with project, State scientific and technical program on topic A-5-7 «Development and creation of information and communication process control system of extracts manufacturing from plant raw material, operating under high pressure with liquefied gas." This project is carried out at the Department of "Information and Communication systems in a Control Technological Processes" BETI.

On the subject of this thesis were published the following:

1. Gafurov B.K., Mekhmonov I.I. «Heat pump by way of a non-stationary heat source» // *“Фан ва технологиялар тараққиёти” илмий-техникавий журнали, 2015 йил, №2. - 52-57 pp.*

2. Fayziyev Sh. I., Ibragimov U.M., Gafurov B.K. «The development systems of automatic regulation of temperature in a heat exchanger» // *Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы отраслей химической промышленности» - Бухара, 2015. - 66-68 pp.*

3. Gafurov B.K., Mekhmonov I.I. «Architecture of automated control systems of unit for the production of ingredients from vegetable feeds with application of liquid CO<sub>2</sub>» // *“Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготезжамкор ва инновацион ечимлари” Республика илмий-техник анжумани материаллари I-қисм, 2016. – 62-64 pp.*

4. Gafurov B.K., Mekhmonov I.I. «Ground heat pump – step to future!» // *Материалы научно-практической конференции -Бухара, 2015. - 64-66 pp.*

5. Gafurov B.K., Mekhmonov I.I. «Thermal conductivity on the non-stationary heat exchange mode» // *Материалы научно-практической конференции. -Бухара, 2015. - 66-68 pp.*

# CHAPTER 1. UNIT OF EXTRACTABLE CO<sub>2</sub> WITH THE APPLICATION OF HEAT PUMP

## 1.1. HEAT PUMP AS A SOURCE OF NON-STATIONARY HEAT EXCHANGE

**Heat exchange** is spontaneous irreversible process of heat transfer in space with a no uniform temperature distribution, or heat transfer process, occurring between the bodies with different temperatures.

**Non-stationary heat exchange processes** are accompanied by temporally change of temperature, internal energy as well as substance enthalpy and are observed while heating (cooling).

Heat transformers can be mentioned as an example of non-stationary heat exchange.

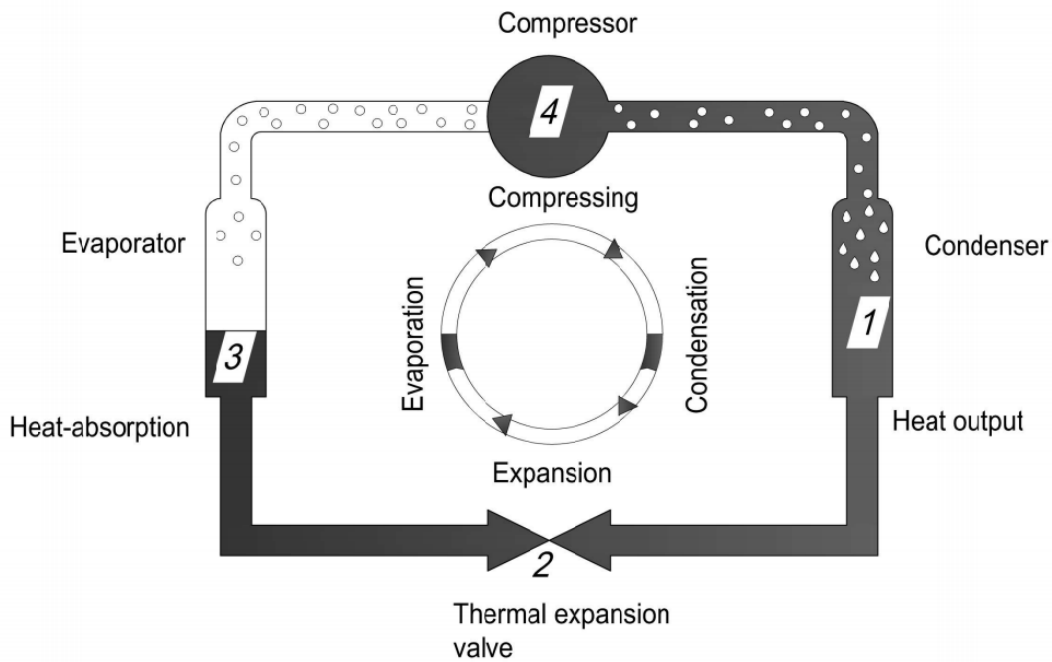
Heat transformers (or thermal transformers) are technical systems, in which energy removal is carried out in the form of heat from the facilities with relatively low temperature to the heat receivers with higher temperature. Such transformation is called the increasing in heat capacity and cannot occur spontaneously according to the law of thermodynamics. Energy input of particular type: electrical, mechanical, chemical, kinetic energy of gas or vapor flow, and others is necessary to increase the heat capacity. [6].

Processes of heat capacity increasing are usually classified [6] depending on the position of temperature levels: upper – heat receiver  $T_g$  and lower-hot body  $T_h$  in relation to the environment temperature  $T_{o.c.}$ , accepted in most cases as equal to 20°C (293 K). In case, if the temperature of hot body is lower than the environment temperature  $T_h < T_{o.c.}$ , and heat receiver temperature is equal to this temperature  $T_g = T_{o.c.}$ , heat removal is carried out, system (heat transformer) is called refrigerator (class R - from the English word refrigeration - cooling).

At  $T_g \leq T_{o.c.}$  и  $T_h > T_{o.c.}$  corresponding heat transformer is called heat pump. *Heat pump* — a device for transferring thermal energy from low-grade heat source (with low temperature) to the consumer (heat transfer media) with higher temperature

(Fig. 1.1.1) [7]. At heat pump systems heated rooms or heated elements of process equipment are considered as heat receivers –cooling medium to which the heat from cooled unit is transferred.

Energy increasing is formed by the increasing of pressure achieved by the electric compressor drive. Temperature level of heat supply from heating pumps is 35-65°C. Energy saving can reach up to 70 %. Industry of technically developed countries produces wide range of heat pumps with heat capacity from 5 to 1000 kW [68].



**Fig.1.1.1. Diagram of compression heat pump**

*1-Condenser; 2- Thermal expansion valve; 3-evaporator; 4-compressor.*

**Heat pump performance capability.** Heat pump performance capability  $\varepsilon$  is determined in the following way:

$$\varepsilon = \frac{Q}{C_{\min}(T_{h,in} - T_{c,in})} \quad (1.1)$$

Where  $Q$  – is heat flow;  $C_{\min}$ - heating capacity, determined as multiplication of specific heat capacity and mass rate of hot and cold transfer mediums, depending on whichever is less;  $T_{h,in}$  and  $T_{c,in}$  – temperatures at the input of hot and cold heat transfer medium respectively.

Theoretically it can be proved, that under the other conditions being equal, the effectiveness of countercurrent flow heat exchanger is higher than concurrent heat exchanger or cross flow heat exchanger. For instance, if heating capacities of hot and cold heat transfer media are equal, maximum performances for countercurrent flow, cross flow and concurrent heat exchangers are equal to 1, 0,75, and 0,5 respectively [7].

While operation, compressor consumes electrical power. The ratio of energy generated by the heat pump unit and consumed power of compressor is called *transformation ratio*. (or *heat transformation ratio*) and serves as indicator of heat pump effective performance. This value depends on the difference in temperature levels in the evaporator and the condenser: the greater the difference, the smaller is the value, as the required consumed power of compressor increases.

### 1.1.1. PRACTICAL USE OF HEAT PUMPS

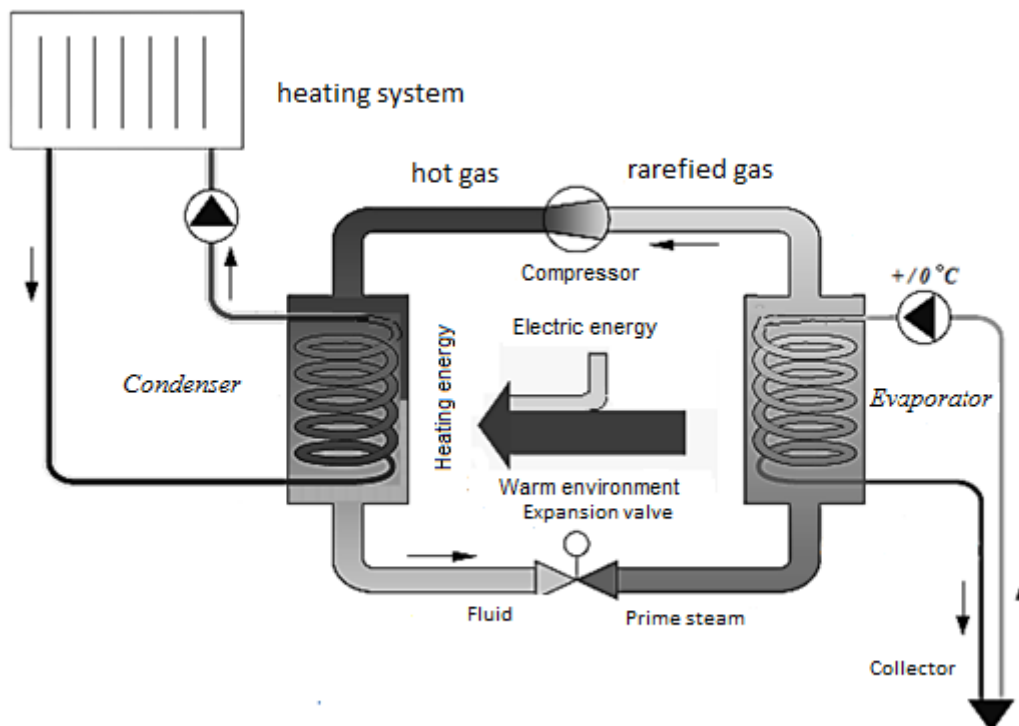
**Rooms heating.** Diagram of heat production with the help of subsurface heat pump is shown on the fig.1.1.2.

Radically new heating system of the house can be called the heating system with geothermal heat pumps use. [8]. Such pumps are complicated and high-tech devices used for heating and air-conditioning, the operating principle of which is based on the latest achievements of physics and thermodynamics. The main distinguishing feature of such systems is that the heat is taken directly from the ground or air, without burning any fuel. Electricity is used only for pumping of heat transfer media. Modern heat pumps use no more than 2.5 kW / h of electricity to produce 10 kW of heat.

The main parts are the compressor, restrictors system, evaporator and condenser. Sealed pipes of sufficiently large diameter are lowered into the ground to a depth of several tens of meters, where the temperature of the soil and underground water at any time of the year is not less than 10 °C. With or without pump fluid freely circulates in the circuit. Freon is located in the restrictors

surrounded by pipes with circulating heat transfer media. By means of a special expansion valve they are connected to the piping system with much smaller diameter, which are connected to the condenser. The condenser, in turn, is connected to a hot water or heating circuit with the help of the heat exchanger. Fluid mediums in the heating system and the heat generation system are not in contact.

Freon is injected by the compressor into the pipes of larger diameter performing the function of evaporator, than this gas expands and intensively cooled down. While this, it actively takes heat from the ground. Coming through the valve from compressor to the compression zone, gas is condensed to the state of fluid phase and rapidly heats. Condensate temperature can reach 1300 °C. In such mode ground deep heat heats the rooms on the surface. The system is working according to reverse Carnot cycle. If there is a reverse valve, operation in the air conditioning mode is possible, in other words heat is taken from the surface and given to the ground while refrigerant evaporation.



**Fig.1.1.**

**2. Subsurface heat pump operating diagram [8]**

Collector for heat pump is installed at the space between the compressor and subsurface pipelines. This collector allows distributing of fluid heat transfer medium to the contours, lying on the different depth and to the different loops, branching horizontally in the ground depth. Automatic mechanism installed on the pumps actuates the compressor or shuts it off depending on the set room temperature. Almost all manufacturers have the same principal diagram of heat pump.

**Dehydration and water extraction.** Use of heat pump units (HPU) gives opportunities for increasing power efficiency of drying devices. This question was covered in the number of book sources. [9, 10].

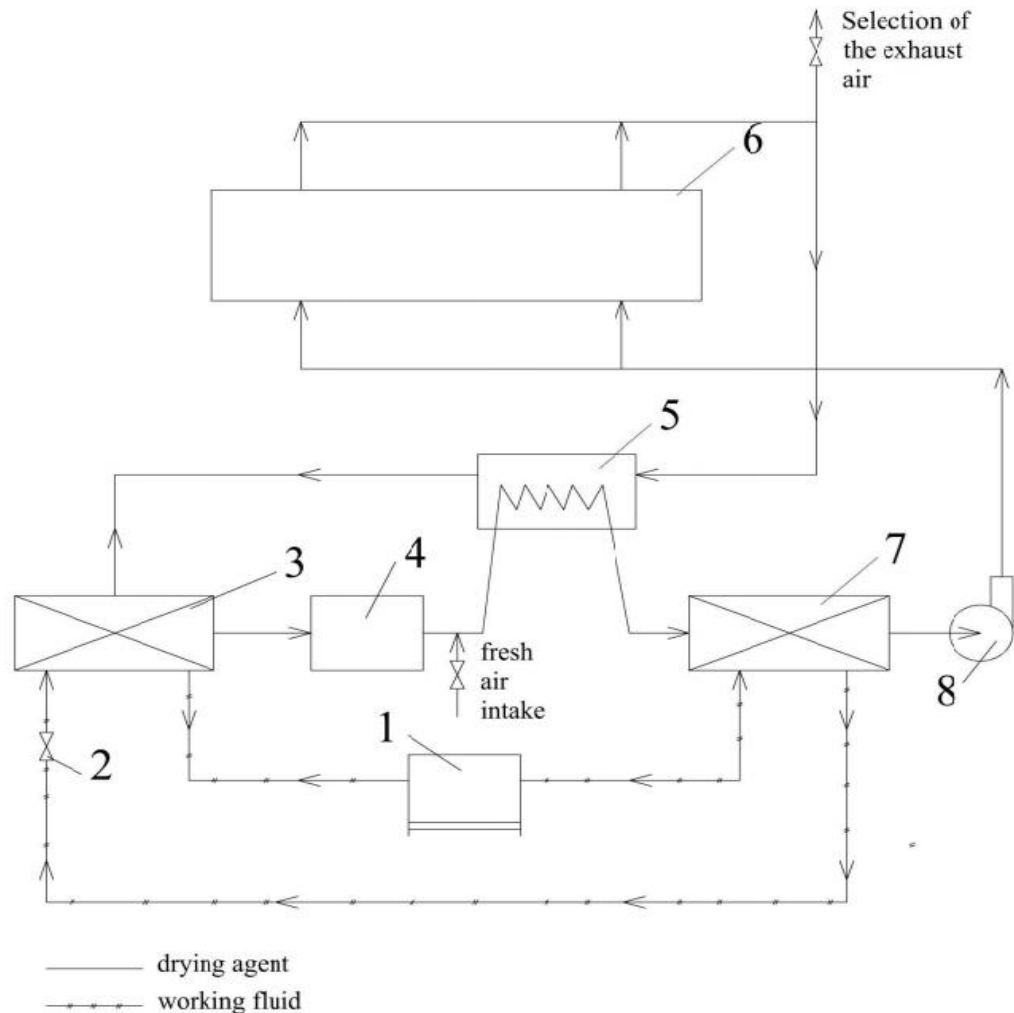
Principal diagram of heat pump dehydrating unit with air heat exchanger-recuperate [11] is shown on the Fig.1.1.3.

Active medium (refrigerant) is soaked by the compressor, compresses until the condensing pressure  $P_k$  and directs to the condenser. While condensation, it gives heat to the drying agent, and then moves to the regulating valve, where it is restricted until the pressure  $P_0$ . With this pressure active medium comes to the evaporator and evaporates with the help of exhaust drying element (air), which is cooled and at the same time dried lower than the drop point. Released moisture separation occurs in the moisture separator (separator) 4, after which the air enters to the heat exchanger- recuperator 5. In the heat exchanger the air is pre-heated. Than the air directs to the condenser of heat pump 7 and heated up to the required temperature, with this temperature the air is supplied to the drying chamber. 6. The exhaust drying agent passes through the heat exchanger 5, where due to its heat air preheating occurs and then enters to the evaporator 3, cooled and dried.

The use of air-heat exchanger-recuperator reduces the load on the heat pump condenser; it increases the power efficiency of the unit. Heat pump units can operate in the full recirculation mode or with the partially discharge of exhaust air. In some diagrams («disconnected by air») exhaust drying agent enters to the evaporator, and in the condenser only external air which enters the drying chamber

is heated. If only external air is supplied to the evaporator, power efficiency of HPU is reduced for about 25 %. Due to it, freezing of evaporator is also possible.

In recent years, heat pump dehydrating units (HPDU) are used in a number of countries (Switzerland, Germany, USA and others.) to dehydrate various materials and, in particular, agricultural products [12].



**Fig.1.1.3. Principal diagram of HPDU with air heat exchanger:**

*1- compressor; 2- regulating valve; 3- evaporator of active medium (air cooler and air dryer); 4- separator (for separation of condensed vapor); 5-heat exchanger -recuperator (for preheating of entering air); 6 – drying chamber 7- active medium condenser (main air heater); 8- fan;*

Boiling and evaporation processes. Energy advantage of recompression while evaporation is the same, as while drying process. As the concealed heat of



evaporation returns while vapor condensation, power input is required only for compressor drive. If temperature difference between the evaporation and the condensation is kept within the limits of 7 °C, power input considering compressor efficiency coefficient comprises about 70 kJ / kg. About 2790 kJ/kg is consumed in the conventional single-stage evaporator, and 465 kJ/kg is required in six-stage unit of high efficiency.

Mechanical vapor recompression is used for three main processes:

- 1) generation of more concentrated product;
- 2) reducing the volume of wastes;
- 3) water recovery for its reuse.

The most successfully recompression is applied for the concentration of a very dilute raw material, as less temperature difference of vapor condensation and boiling of flowing liquid is required. With the increasing of concentration, boiling temperature of solution increases as well. The temperature can become too high for vapor compression systems. Another limitation is the impossibility of operation with high-viscosity liquids. In multi-stage evaporators recompression of vapor can be used only on the first stage, when the solution is relatively diluted.

High viscosity liquids are usually processed in special evaporators with thin film. They are operating with a large temperature difference, about 80 ° C, at a high density of heat flow and maximum use of heating surfaces [7]. Temperature increasing to such level and use of compressed vapor in the same machine require the compression ratio about 10, however the maximum achievable compression degree in one compressor stage does not exceed 1.8.

Another large area of heat pumps application is distillation [8]. Non-water vapor is usually formed in the distillation columns, therefore compressors capable to operate on the distilled products or in closed circuit on the average cold carriers are required here.

Average distillation column is provided with a reboiler and condenser. Reboiler is heated with water vapor, and condenser is cooled by a special system,

maintaining the necessary condensation temperature. Use of condensation heat for replacement of reboiler vapor heating is the direct way of heat pump use for reducing the distillation energy. Hence, reboiler becomes the heat pump condenser. To reduce the power of compressor, it is required to maintain as lower as possible difference of temperatures between the reboiler and the condenser, herewith increases the surface and the cost of heat exchangers. So, the compromise solution shall be found. Careful design of heat exchanger is required, as the heat pump increases the temperature for not more than 20 ° C and very low difference of temperatures is required while heat exchange.

Power consumption for implementation of heat and mass exchange processes in the primary processing of raw material and in manufacturing of food products comprise 70% from the total consumed energy. Mostly it is drying, conservation of agricultural raw material, as well as heat and mass exchange processes of oil production. In these production areas the use of rejected heat is not enough, and the use of solar energy with heat pump application is missing in the manufacturing. [11]. While this, the widespread use and automatic control of heat pumps operation as a stationary source of heat energy is particularly important.

In summary it can be claimed that the use of heat pump in the heat energy supply of rooms or in the operational procedures, such as evaporation or dehydration is cost-effective as the heat pump conversion ratio reaches a value of 5, it means that for 1 kW of consumed electric power, heat pimp produces up to 5 kW of heat energy. During the automation of heat pump the process becomes even more cost-effective, as installed automatic mechanism regulates the operation of compressor depending on the set temperature in the room or in the processing unit.

## **1.2. DESCRIPTION OF UNIT OF CO<sub>2</sub> -extraction**

Unit for the extraction with carbon dioxide are classified in [13, 14] by operating modes:

- For extraction at subcritical pressure and temperature parameters;

- For extraction at a pressure above and temperature below the critical level;
- For extraction with compressed above critical carbon dioxide;
- For mixed processes - multistage.

In the unit of the first type extraction is carried out in a biphasic system, and its principle doesn't differ from the extraction by means of typical solvents: there is an extractor, an evaporator, a condenser. The following two types of unit are different as certain components may be absorbed from them depending on pressure and temperature. The extract is separated from the extractant as a result of process parameters (temperature and pressure) changing. Volatile products are better separated at liquid gas installations under above critical pressures, whereas semi-volatile components are better separated at installations under above critical pressures and temperatures.

Equipment and technology, developed at the department of " Information and Communication systems in a Control Technological Processes " of Bukhara Engineering and Technology Institute, allow to obtain qualitatively new highly concentrated extracts from local raw materials. [15]

Basic operating parameters of the process are the pressure and temperature of the extractant in the extraction circuit, where the simple variation of the operating parameters allows for directional changes in the composition of the final extract. Incombustibility, low toxicity, and chemical inertness are considered as important advantages of the liquefied CO<sub>2</sub> while its application as the extraction solvent in an industrial scale.

Installation unit (Figure 1.2.1), designed to obtain the herbal ingredients with application of liquid CO<sub>2</sub>, consists from tank *I*, heat exchanger *II*, high pressure extractor *III*, separator *IV*, coil extract heater *V*, CO<sub>2</sub> gas cylinder *VI*, compressor *VII*, condenser *VIII* and heat pump compressor *IX*.

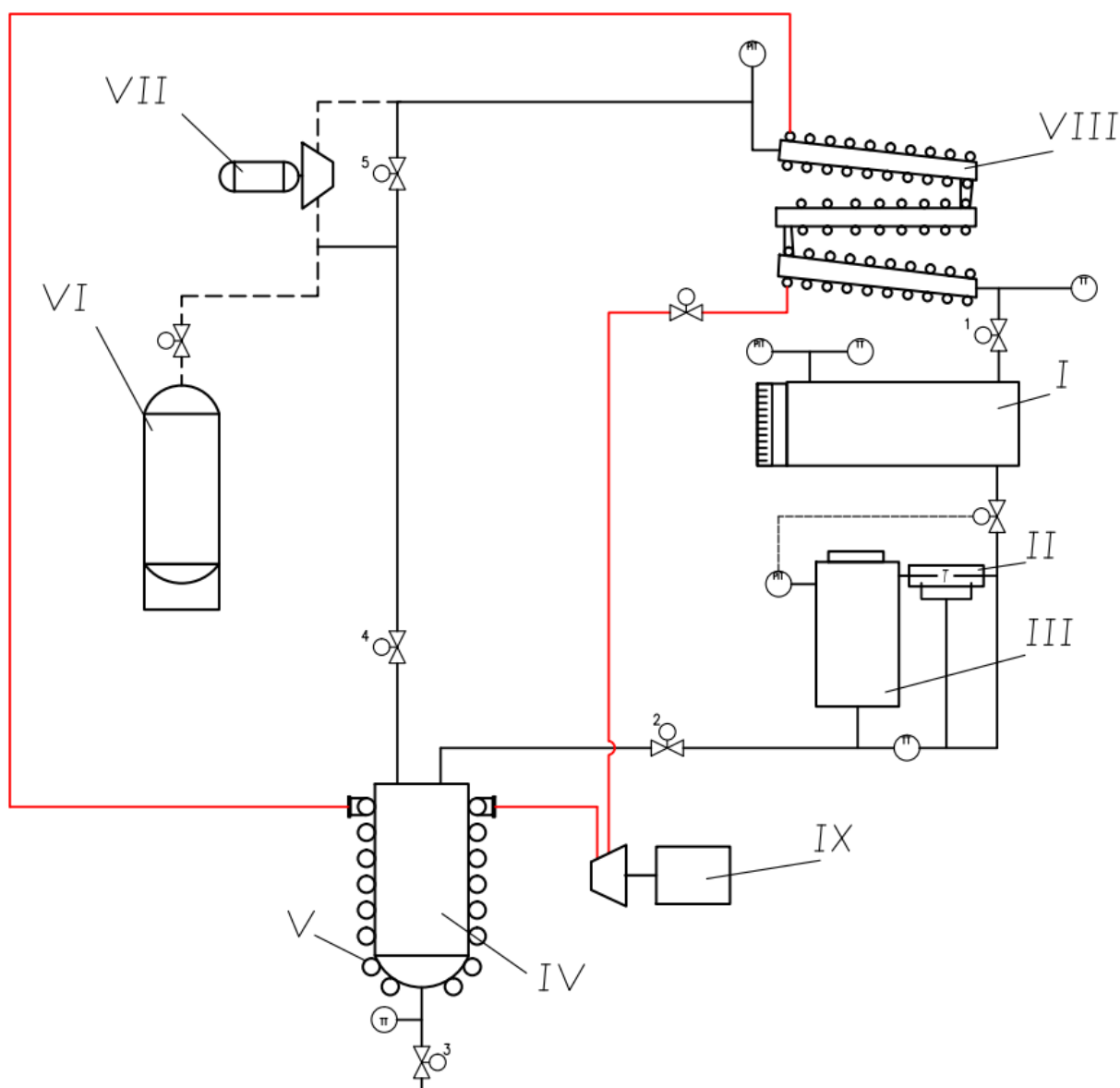
Extractant feed system consists of a heat exchanger *II*, extractor *III*, tank *I*, separator *IV*, control valve *I* and shut-off valves *2*.

Temperature is controlled by the signal coming from temperature control system from TSM type resistance thermometers (copper resistance thermometers) installed directly at the inlet and outlet of the working chamber of the extractor. Extractant consumption can be changed by means of control valve *I*, set according to the pressure gauge installed at the outlet of the extractor's working chamber.

product gathering system includes a separator *IV*, extract coil heater *V* and shut-off valves *3,4*.

Condensation system consists of the condenser *VIII* and shut-off valve *5*.

Active agent of the heat pump evaporator is used as refrigerant.



### **Fig.1.2.1. Unit principle diagram**

I-tank; II- heat exchanger; III- extractor; IV- separator; V- extract heater; VI- CO<sub>2</sub> cylinder; VII- compressor; VIII- condenser; IX- heat pump compressor.

The process of CO<sub>2</sub> extraction at the installation unit is performed as follows: plant material grinded beforehand is loaded into a mesh container, which is installed in the extractor *III*. After extractor sealing the process system with product is purged with gaseous CO<sub>2</sub> for air removal.

Carbon dioxide, compressed by compressor *VII* to a pressure of 8 MPa at  $t = 35^{\circ}\text{C}$ , turns into liquid and enters condenser *VIII*, where it is cooled by active agent of the heat pump to  $t_{\text{cr}} = 30\text{-}31^{\circ}\text{C}$ , completely condensed, cooled down to  $t = 25\text{-}30^{\circ}\text{C}$ , and accumulated into container *I*. Consequently, it is fed into extractor *III* through heat exchanger *II*. After passing through plant material layer, extractant withdraws soluble components (e.g., grape seed oil) and miscella exits through the bottom part of the extractor. When passing through the expansion valve *4*, pressure and temperature of above critical CO<sub>2</sub> is reduced below the critical parameters ( $P_2 = 6.0 \dots 6.5$  MPa and  $t_2 = 20 \dots 30^{\circ}\text{C}$ ) and carbon dioxide transfers into gaseous state. Settlement of CO<sub>2</sub> extract dissolved in SC is performed in separator *IV*. Gaseous carbon dioxide is compressed until the operating pressure, liquefied in the condenser unit *VIII*, and the cycle repeats.

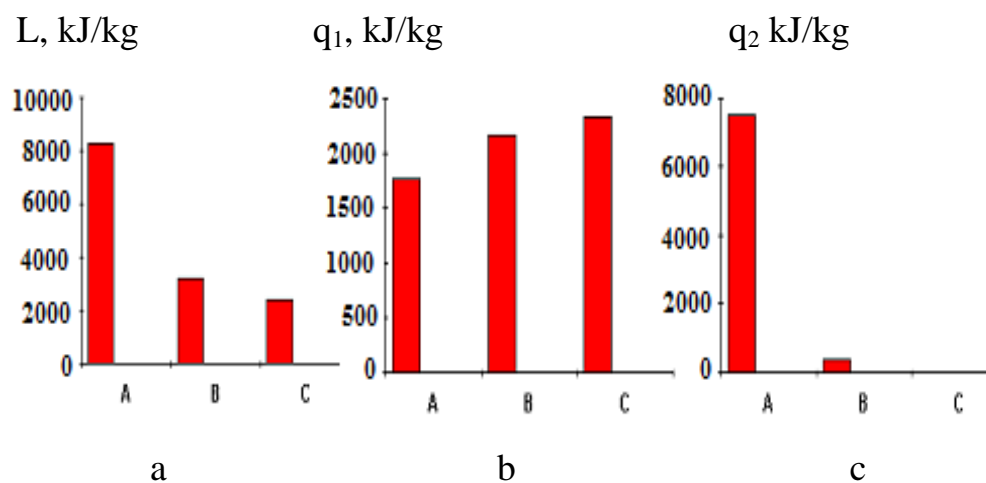
The flow diagram shows additionally connected heat pump for gaseous CO<sub>2</sub> cooling in the condenser and extract heating in the separator (calculation and operating principle of the heat pump is shown in the following paragraphs).

Basic technical specifications of the test installation: extractor volume - 1,25 l; separator volume - 3.0 l.; maximum pressure - 15 MPa; maximum temperature - 60°C; extractor maximum specific consumption - 4.0 liters of CO<sub>2</sub> / (min).

### **1.3. ENERGY SAVING IN UNIT OF CO<sub>2</sub> -EXTRACTION**

Application of heat regeneration devices as renewable energy sources (*heat pumps*) significantly affects the efficiency of the extraction process in terms of power saving. Thus, in operation [16] there is the analysis of energy consumption calculation results in the processing of hops at the enterprise with capacity of 15 tons per day (parameters of extraction:  $P = 300$  bar,  $t = 60^{\circ}\text{C}$ ; separation parameters:  $P = 60$  bar,  $t = 20^{\circ}\text{C}$ , the mass flow rate of carbon dioxide - 10 kg / h per 1 kg of hops, extraction time - 4 hours).

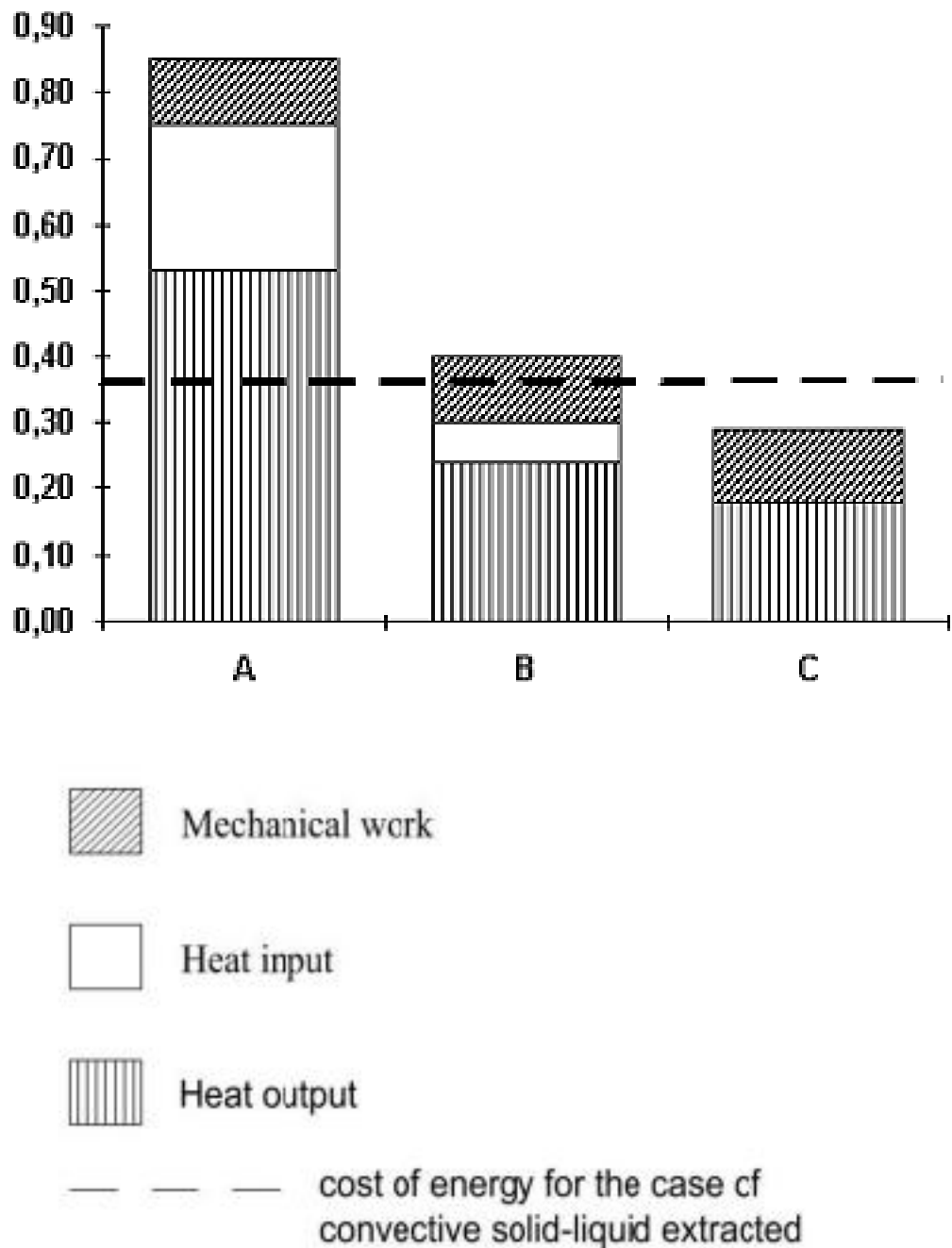
Comparison of energy consumption for various types of above critical extraction of hops processes is shown in Fig. 1.3.1. Heat regeneration reduces the amount of input and output heat which increases the mechanical work. Figure 1.3.2. shows energy consumption of various options of above critical hops extraction. Cost of energy types, underlying the calculations, had the following values: mechanical work- 0.13 CU/ kW-h; input heat - 36.0 CU / MJ; output heat - 67.0 CU / MJ. In variant C a higher quality product with energy saving is supplemented.



**Fig.1.3.1. Energy consumption of the above critical hops extraction [16]:**

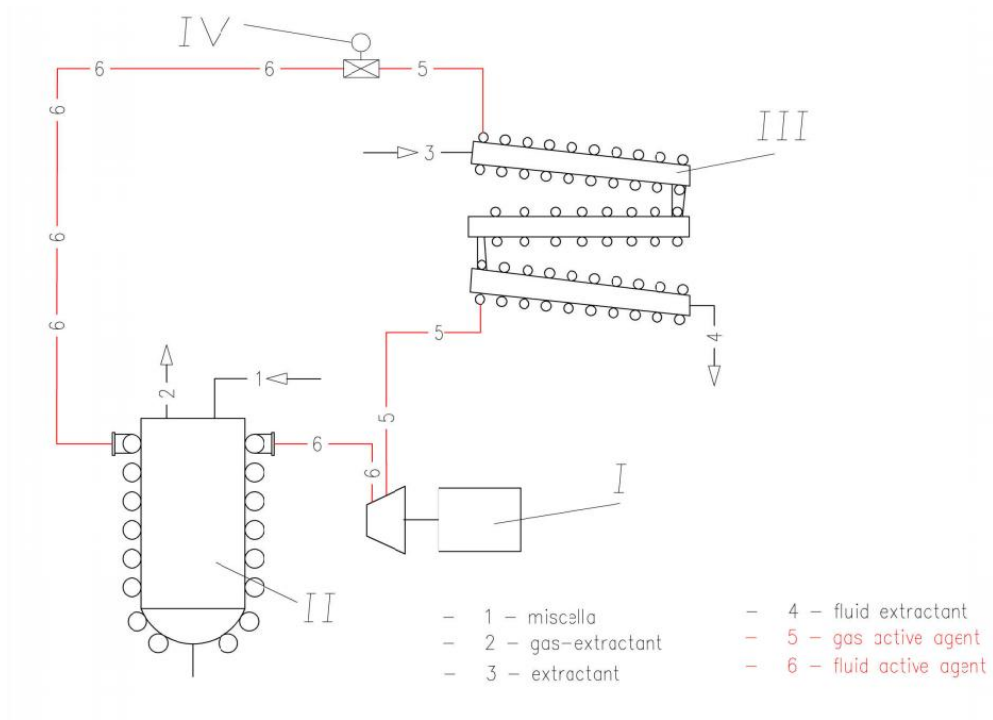
a) L- in the form of mechanical work (compressor operation); b)  $q_1$  – in the form of input heat; c)  $q_2$  -in the form of output heat;

A - without heat regeneration, B – with heat regeneration (heat pump between the condenser and evaporator), C – with heat regeneration (heat pump between the condenser, heat exchanger and evaporator).



**Fig.1.3.2. Cost of energy consumption in the various types of above critical hops extraction processes (CU / kg) [16].**

The application diagram of the heat pump in the proposed CO<sub>2</sub> extraction installation unit is shown in Figure 1.3.3.



**Fig.1.3.3. The application diagram of the heat pump in the proposed CO<sub>2</sub> extraction unit**

*I-heat pump compressor; II- separator for oil bleeding from extractant; III- condenser; IV-regulation (expansion) valve*

In our case, the separator's coil performs as the condenser, where the active agent emitting the heat, maintains the desired temperature for the separation of the extractant from the extracted oil, whereas, one of the extractant condenser pipes performs as the evaporator, where the active agent evaporates by taking heat from the extractant.

#### **1.4. ENGINEERING CALCULATION METHODS' OF THE HEAT PUMP OF UNIT CO<sub>2</sub> EXTRACTION**

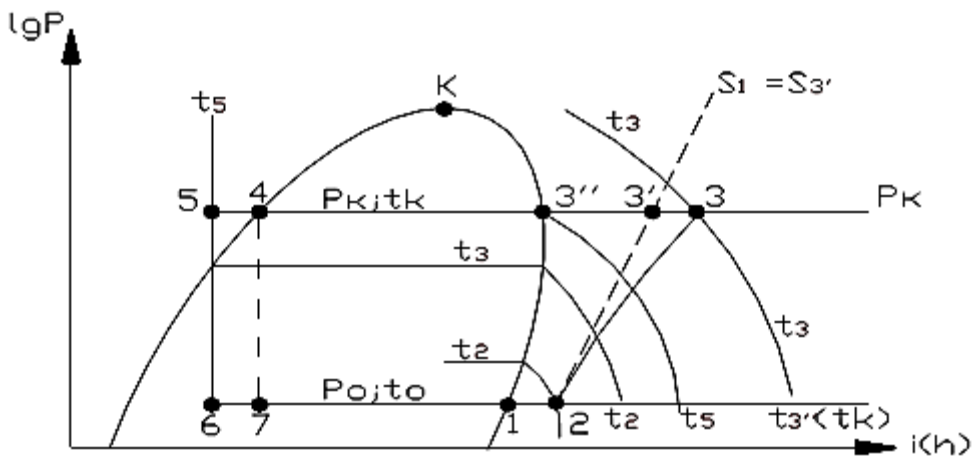
Fig.1.4.1. (a and b) shows diagram and operation process of heat pump of CO<sub>2</sub> test installation in chart  $i(h)-lgP$ .

According to numbers of points in Fig. 1.4.1. (a, b) it is possible to check the progress of all processes realized in the heat pump cycle. Point 1 in the chart and diagrams corresponds to the state of dry saturated vapor formed as a result of

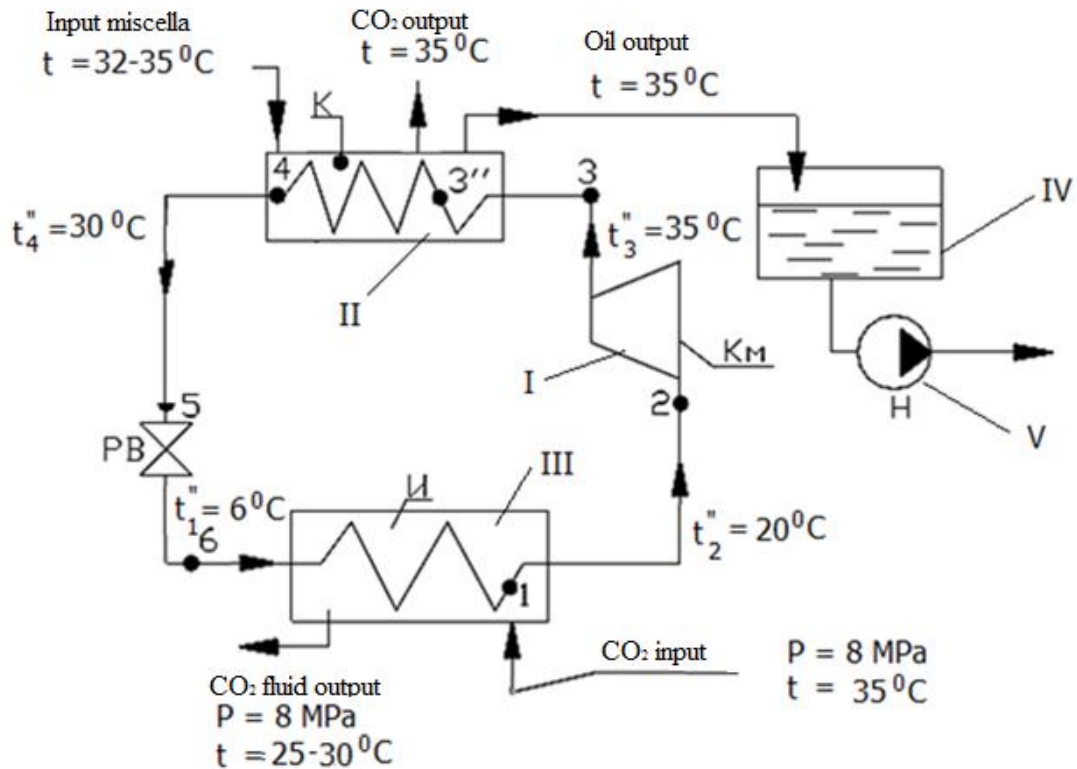


complete evaporation of liquid phase of refrigerant in the heat pump evaporator  
 II. Boiling of operating medium in the evaporator is performed under constant pressure  $P_0$  (isobaric process) and under a constant temperature  $t_0$ . Vaporization heat is taken from sources with low temperature. The pressure is typically selected close to atmospheric.

Overheating of vapor from point 1 to point 2 takes place in the pipelines leading to the compressor  $K_m$ . Process 1-2 - isobar with temperature rise up to overheating  $t_2$  (temperature values in the charts are usually given in  $^{\circ}\text{C}$ ). Overheating by 5.10 degrees or more is provided in the circuit design for ensuring reliable operation of the compressor.



a



b

**Legends:**

K<sub>M</sub> (I) – heat pump compressor;

K-heat pump condenser, simultaneously II-separator for process system;

И-heat pump evaporator; simultaneously III – condenser for process system;

PB – control (expansion) valve;

IV- accumulator tank;

HV- oil drain pump.

**Fig.1.4.1.  $i(h)$ - $lgP$  graph (a) and principle diagram (b) of heat pump operation for test unit of CO<sub>2</sub>-extraction**

Furthermore, compression occurs in the compressor (process 2-3) within a line which in a real case could be called "polytropic". In order to determine the position of the end point 3 after compression in real compressor it is convenient to use, first, the compression line for ideal compressor (2-3'), which is an is entropy (ideal compressor compresses adiabatically with entropy  $s_2 = s_3 = \text{const}$ ). Constant entropy lines allow to find point 3' at the intersection of is entropy 2-3' with condensation isobar  $P_k$  in any coordinate charts. The pressure  $P_k$  is

determined by the required heating temperature of heat carrying agent for the heat consumer.

Transition from point 3' to point 3 is performed by indicated efficiency of real compressor compression  $\eta_i$ . This efficiency can be calculated with sufficient accuracy by a rough estimate:

$$\eta_i = \frac{T_0}{T_i}$$

where  $T_0$  and  $T_k$  – evaporation and condensation temperatures, respectively, K.

Enthalpy of operating medium in the ideal compressor during compression changes to  $\Delta i_{id} = i_{3'} - i_2$ , and in the actual compressor increases by

$$\Delta i_d = \frac{i_{id}}{\eta_i}$$

Thus, enthalpy of point 3:

$$i_3 = i_2 + \Delta i_d = i_2 + \frac{i_{3'} - i_2}{\frac{T_0}{T_i}}$$

Overheated vapor in state 3 is fed at a sufficiently high temperature  $t_3$  in the condenser where it is first cooled in isobar until dry saturated state (point 3'') and then condensed to a liquid state (point 4), thus giving a total heat energy  $q_k$ . Quantity  $q_k$  equals to the amount of energy received during boiling of the refrigerant in the evaporator,  $q_0$  and energy equivalent to compression work of the refrigerant in real compressor  $l_b$ . Refrigerant's compression work is called internal work  $l_b$  and is determined by the difference in enthalpy  $l_b = i_3 - i_2$ .

Thus, refrigerant's heat output in condenser and heat input by heat carrying agent,

$$q_k = q_0 - l_b = i_3 - i_4, \text{ kJ/kg.}$$

Condensed and cooled liquid is under pressure  $P_k$ . In order to reduce pressure to  $P_0$  liquid refrigerant passes through control expansion valve PB, whereas refrigerant's temperature decreases.

Constant enthalpy process takes place practically adiabatically, for this

reason the process 5-6 is considered isenthalpic with great accuracy, ie  $i_5=i_6=const$ . Point 6 is located at the intersection of isenthalpic line (in coordinates  $i-lgP$  it is vertical) with isobar  $P_0$ . Herewith, the refrigerant is partially vaporized.

In the evaporator, the liquid boils at temperature  $t_0$  (lower than the low potential source temperature), taking the heat of vaporization from heat emitter:

Calculation of the heat pump cycle is performed in the following sequence:

1. Temperature head between heating mediums in condenser and evaporator is selected. They are shown in Fig. 1.4.1. (b);

2. Refrigerant is selected. R-21 (fluorodichloromethane) CFCL<sub>2</sub>H is used as active agent, which refers to a high-class safety, has a low cost, relatively high value of heat transformation ratio, and its flow rate allows application of piston and centrifugal compressors. Compression ratio and the condensing pressure can be easily adjusted. [17].

3. Overheat temperature (point 2) of active agent is selected  $t'_2 = 20^{\circ}C$ .

4. Compression efficiency of real compressor is estimated

$$\eta_i = \frac{T_0}{\pi} = \frac{293}{300} = 0.95$$

5. Parameters of all characteristic points are determined and put in table.

Point number	Pressure, mPa	Temperature		Enthalpy, I, kJ/kg
		T, K	t, °C	
1	1.08	285	12	295
2	1.53	293	20	307
3	2.55	308	35	347
4	1.84	298	25	311
5	1.53	293	20	178
6	0.88	279	6	178

6. Heat transformation and conversion ratio is determined -  $\mu$ .

This ratio shows the ratio of thermal output of the heat pump to the consumed work:

$$\mu = \frac{q_t}{l}$$

where  $q_t$  – heating capacity of heat pump, kJ/kg;  $l$  – consumed work in heat pump considering all losses at drive unit, kJ/kg,  $l=l_b/\eta_m$ , where  $\eta_m$  – drive efficiency, ~0,9.

Thus, value of  $\mu$  can be calculated using parameters from design table:

$$\mu = \frac{q_t}{l} = \frac{i_3 - i_5}{i_1} \eta_m = \frac{347 - 178}{247 - 207} 0,95 = 4$$

In the numerator - difference between the enthalpy includes vaporization heat  $q_0$  and heat equivalent with internal operation of the compressor, and in the denominator - only operational cost (including  $\eta_m$ ). Thus, heat transformation ratio (sometimes called as thermal efficiency ratio or heat pump performance) is greater than one, which means thermal efficiency  $> 100\%$ . However, transformation ratio shall not be mixed with unit efficiency.

Specific operating consumption of real heat pump:

$$\mathfrak{A}_t = \frac{l}{q_t} = \frac{i_3 - i_2}{i_1 - i_2} = \frac{347 - 307}{247 - 170} = 0,25$$

Reciprocal value of the specific work is considered as heat transformation ratio:

$$\frac{1}{\mathfrak{A}_t} = \frac{q_t}{l} = \mu$$

7. Electric drive power for heat pump compressor is calculated:

$$N = \mathfrak{A}_t \cdot Q_t = 0,25 \cdot 5,44 = 1,36 \text{ kVt}$$

where  $Q_t$ - heat load of heat pump, kW;  $\mathfrak{A}_t$  – specific operating consumption of real heat pump.

Electric drive power is selected with allowance of 10 ... 15% of the design

value.

Evaluation of heat pump effectiveness, characterized by the value of the heat conversion efficiency is 4 times that can significantly reduce energy costs for condensation and maintain the desired temperature in process of extracting removing.

## **Chapter II. AUTOMATIZATION OF CO<sub>2</sub>-EXTRACTION UNIT WITH HEAT PUMP APPLICATION**

### **2.1. DEVELOPMENT OF AUTOMATIZATION FUNCTIONAL SCHEME**

Main purpose of automatization functional design – is the selection of the devices and automation means with functions which promote the best conditions for production process: maximum outcome of production with the best quality under the full-proof operation. To accomplish this, process equipment shall be equipped with the following devices and automation means:

- measuring converters (MC);
- secondary measuring devices (SMD);
- programmable a logic controllers (PLC);
- actuating mechanisms (AM);
- regulating units (RU).

Flow meter (pos.1-1) which sends a unified signal of 4 ... 20 mA to Arduino UNO R3 controller (pos. 1-2) and shows the miscella consumption in situ is installed at the separator inlet. The controller transmits the processed signal to the AWS (pos. 1-3). When the flow parameter is higher than the set value, controller sends discrete signal to the compressor starter (pos. 1-4) of heating pump. Data logging is carried out in AWS and, if necessary, data printing is also possible.

To maintain a desired temperature for the separation of the extractant from the extracted oil, temperature in separator should be between 30 - 30 ° C. Temperature sensor (pos. 1.2) which indicates the value at the place and directs 4 ... 20 unified signal to the controller is installed in the separator. Sensor signals if there is deviation from the set values.

Level sensor (pos.3-1) which sends standardized signal 4 ... 20 mA to the controller and shows the level in-situ is installed in separator. When the flow

parameter is higher or lower than the set value, controller sends discrete signal to the starter switch-off valve (pos. 3-2) installed at the inlet pipeline to the separator.

Pressure release by means of throttle valve is carried out in order to reduce the temperature of the active agent and measure its aggregation state. To measure the active agent pressure sensor (pos. 4-1) is installed in front of the throttle valve. Sensor sends a unified signal of 4 ... 20mA to controller and shows pressure in-situ. Controller delivers discrete signal 230B to the drive of the throttle valve (pos. 4-2).

## 2.2. SELECTION OF SENSORS AND ACTUATING MECHANISMS

**Measuring device SITRANS TF2 of SIEMENS production (Germany)** is used for temperature measurement.

Temperature-measuring transducer **SITRANS TF2** (fig. 2.2.1.) integrates three components in one device: resistance thermometer Pt100 in the protective tube from stainless steel;

- case from stainless steel with high protection class;
- integrated, parameterized by three buttons measuring converter with LCD.

Used for indication and control of measured temperature in the installation place.





**Fig.2.2.1. Temperature measurement SITRANS TF2 with output signal 4...20 mA of company Siemens**

Copper is used as a sensing element; It is very convenient because it has a low cost, high temperature coefficient, it is easily obtained in pure form. Resistance thermometers are preferred for low temperature, have high accuracy and reliability.

Measuring range: from -50 to + 200 °C;

There +/- alarm limit value on the LCD, as well as with red light-induced diode (LID).

There is the possibility to display according to the place at different temperature units (° C, ° F, ° R or K).

Output signal 4 ... 20 mA, 2-wired, that allows the connection to the controller without secondary instruments.

Measurement deviation at the temp. 23 ° C is equal to - 0.2%.

**Electromagnetic flow meters Rosemount 8700 series** (Fig. 2.2.2.) are designed to measure the volume flow of liquids, gases etc.



**Fig. 2.2.2. Electromagnetic flow meter Rosemount 8700.**

Used in automatic control and process control systems in power industry, chemical industry, food industry, paper industry and other industries as well as in the systems of liquids commercial metering.

Main advantages:

- Application for measurement the aggressive media consumption;
- Wide range of sizes;
- Variety of electrode materials and linings;
- High accuracy of measurements;
- No moving parts;

Measured medias: liquids, gases etc.

Nominal diameter (Dy) 4...900 mm

Limits of the basic relative inaccuracy up to  $\pm 0,25\%$  (option  $\pm 0,15\%$ )

Measured media speed flow range from 0,3 to 10 m/s

Pressure of the measured media 0,05...15 MPa

Output signals: 4...20 mA, HART, pulse-frequency, Foundation Fieldbus.

Flange and flange-less models have explosion-proof design.

**Pressure sensor Metran-150** (Fig. 2.2.3.) is used for pressure measurement.

Pressure sensors Metran-150 are designed for operation in automatic control systems, regulation and control of technological processes and provide continuous transformation of measured values - excess and absolute pressure, pressure difference hydrostatic pressure of neutral and aggressive medias to the unified current output signal of remote transmission and digital signal on the basis of HART- protocol.



**Fig. 2.2.3. Pressure sensors Metran-150 with output signal 4...20mA.**

Sensors Metran-150 are designed to convert pressure of active medias: liquid, steam, gas into a unified current output signal and a digital signal on the basis of HART-Protocol.

Pressure difference sensors can be used in devices intended to convert the value of liquid level, liquid consumption, steam or gas to the unified current output signal and digital signal on the basis of HART-protocol.

Measured medias: liquids, including oil products; steam, gas, gas mixtures;

Ranges of measured pressures: from 0,025 kPa – to 68 MPa;

Output signals: 4-20 mA with HART-protocol; 0-5 mA;

Basic mentioned inaccuracy is up to  $\pm 0,075\%$ ; options up to  $\pm 0,2\%$ ;  $\pm 0,5\%$ ;

Environment temperature range is from  $-40$  up to  $80^{\circ}\text{C}$ ; from  $-55$  up to  $80^{\circ}\text{C}$ ;

Readjustment of measurements ranges is up to 100:1;

High performance stability;

**Floating level sensor (fig. 2.2.4.) with analog output signal 4...20 mA**  
**OWEN ПДУ-II** is used for level measurement.



**Fig. 2.2.4. Floating level sensor with analog output signal 4...20 mA OWEN ПДУ-И.**

Magnetic floating level gauge structurally consists of a measuring rod and a magnetic float moving along the rod. Seal switches with spacing 1 seal switch for 10 mm length are installed inside the rod. Output resistance of sensor which is processed by measuring circuit and converted into the analog current signal 4 ... 20 mA changes due to the rise or fall of liquid level while changing the float vertical position. Thus, the output signal of the analog level gauge is directly proportional to the liquid level. Seal switches are used in sealed plastic cases as sensitive elements.

#### **Shut-off electromagnetic valve**

Solenoid-operating valves Series ZS (Fig. 2.2.5) are intended for control of active media flow (liquid, vapor, gas, oil), at existing active media temperature from -5 up to +80°C.



**Fig. 2.2.5. Solenoid-operating valves Series ZS**

Operating pressure is from 0 up to 20 bar;

Valves series with direct control is actuated directly by solenoid magnet.  
Brace case (steel if required, allows to use valve for aggressive medias);  
Valve's action is based on the opening or locking of the wired valve's hole in the valve pair.

Two-lined, on-off position

Normally locked / normally opened

Different versions of coils voltage: 12V, 24V, 220V

The starter of brand SIRIUS 3RW30 (fig. 2.2.6.) of Siemens production (Germany) is used as actuating mechanism to get the ingredients from plant material by liquefied carbon dioxide for heat pump engine activation and throttle valve ZM.



**Fig. 2.2.6. The starter of brand SIRIUS 3RW30 of Siemens (Germany).**

**Starter SIRIUS 3RW30 type 141BB14** provides inrush current control of three-phase asynchronous motors from 0.25 to 55 kW. Also, the starter can be used in single-phase networks. In the standard application the Soft Starter controls the voltage on two phases, maintaining a minimum current value during acceleration. 3RW30141BB14 series devices allow you to adjust the time of acceleration and coasting in the range from 0 to 20 seconds.

The equipment is simple to configure. Required parameters (duration and start voltage) are set using potentiometers located on the front of the starter. LEDs are responsible for an indication of the current operating modes. Device fastening is carried out on 35 mm DIN-rail. Sirius 3RW30 soft starter equipped with built-in bypass contactor of power semiconductors, which help to minimize power loss.

Soft starter 3RW30141BB14, standard size s00, 6.5a, 1,5κW/250v, 40 deg., rated operating voltage 200-480 VAC, rated voltage of control circuit us 110-230v ac/dc, screw terminal.

**The throttle valve ZM** (fig. 2.2.7.) is switch-off valve, which consists of flangeless throttle and electric drive. It can be included to the automatic cut-off system which prevents the danger of natural gas, biogas, hydrogen or ammonia explosion in industrial facilities. Electrical control allows you **QUICKLY AND EFFECTIVELY** to block the flow of gas or air through the pipes of large diameter.

### **Main Specifications**

Nominal pressure of the valve: 0.6 – 1.6 MPa

Operating temperature range: -40 ° C ... + 70 ° C

Power supply: 220-230 V (for unlocking and locking the valve)

Unlocking / locking valve: electric, while 12

Medium: natural gas, biogas, hydrogen, ammonia, etc.

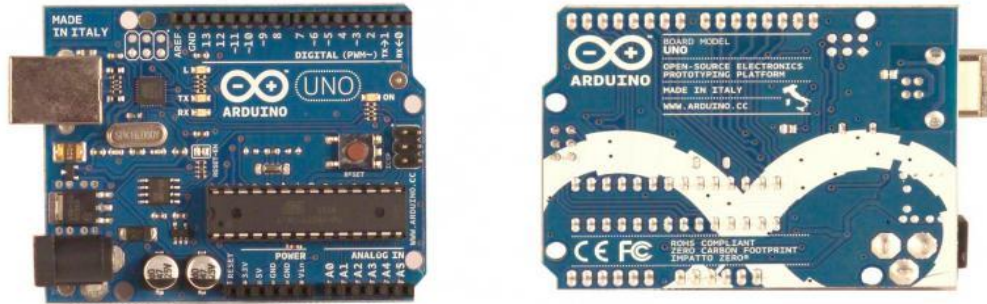


**Fig.2.2.7. The throttle valve ZM**

## **2.3. SELECTION OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS AND ITS JUSTIFICATION**

While development the functional automatization diagram of unit for obtaining ingredients from plant material by liquefied carbon dioxide programmable logic controller (PLC) Arduino Uno R3 company «Arduino» (Italy) has been used for the control of process parameters.

Arduino Uno R3 PLC (fig.2.3.1.) collects data from the process control item, distribution of control signals to the actuating mechanisms. Controller is a computing device designed for use in the industry considering the requirements of reliability, operational safety, ease of maintenance.



**Fig .2.3.1. Arduino UNO R3 PLC**

Arduino Uno controller is built on the ATmega328. The platform has 14 digital input / outputs (6 of which can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, 16 MHz crystal oscillator, USB connector, a power connector, the ICSP connector and the reset button. For operation the platform is necessary to be connected to a computer via a USB cable or power shall be supplied using the AC / DC adapter or battery.

### **Power supply**

Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power source. The power supply is automatically selected.

External power supply (not USB) can be supplied through a voltage converter AC / DC (power supply unit) or battery. The voltage converter is connected by means of connector 2.1 mm with a central positive pole. The wires from the battery terminals are connected to the Gnd and Vin power connector.

Platform can operate at the external power supply from 6 V up to 20 V. When the supply voltage is below 7 V, 5V output provides less than 5 V, in this case the platform can have unstable operation. In case of more than 12 V, voltage power regulator can overheat and damage the board. Recommended range is from 7 V to 12 V.

### **Power terminals:**

- VIN. Input is used for power supply from external source (without 5 V from USB connector or another regulated power source). Voltage supply takes place via this output.

- 5V. Adjustable voltage source used to power the microcontroller and the components on the board. Power can be supplied from the output VIN through the voltage regulator, or from the USB connector, or another regulated 5V voltage source

- 3V3. Voltage at the output 3.3 to the generated by integrated voltage regulator on the board. Maximum current consumption is 50 mA.

- GND. Grounding terminals.

## **Memory**

ATmega328 microcontroller has 32 Kb of flash memory, 0.5 Kb of which is used for loader storage, and 2 Kb of data RAM (SRAM) and 1 Kb EEPROM.

## **Inputs and Outputs**

Each of 14 digital outputs Uno can be configured as input or output, using functions `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()`. Outputs operate at the voltage 5 V. Each output has pull-up resistor (disconnected by default) 20-50 kilo-ohm and can transmit up to 40 mA. Some outputs have specific functions:

Serial bus: 0 (RX) and 1 (TX). Outputs are used to obtain (RX) and transmit (TX) data TTL. These outputs are connected to the corresponding microchip outputs of serial bus ATmega8U2 USB-to-TTL.

External interrupt: 2 and 3. These outputs can be configured for the interrupt call or on the lower value, or on the leading or trailing edge, or while value changing. Detailed information can be found in the function description `attachInterrupt()`.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10, и 11. Any of the outputs provides PWM with 8-bit resolution using `analogWrite()` function.



SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). SPI connection is carried out by means of these output pins, for this purpose SPI library is used.

LED: 13 Built-in LED is connected to digital output pin 13. When the value on the output has a high potential, the LED lights up.

Platform Uno has 6 analog inputs (denoted as A0 ... A5), each of them has 10-bits resolution (in other words they can have 1024 different values). Basically, outputs have measuring range up to 5 V relative to the ground, however it is still possible to change the upper limit by means of output AREF and function `analogReference()`. Some outputs have additional functions:

I2C: 4 (SDA) and 5 (SCL). Connection I2C (TWI), created with help of Wire library, is implemented by these outputs.

Extra platform outputs pair: AREF. Base voltage for analog inputs. Used with function `analogReference()`.

Reset. Low signal level at the output resets the microcontroller. Usually it is used to connect the reset button on the expansion board, covering the button access on the Arduino board itself.

Pay attention to the connection between the outputs Arduino and ports ATmega328.

### **Connection**

Platform Arduino Uno has several devices for connection with computer, other devices Arduino or microcontrollers. ATmega328 operates on serial interface UART TTL (5 B), implemented by outputs 0 (RX) and 1 (TX).

Microchip ATmega8U2 installed on the board directs this interface through the USB, programs on the computer side "COMMUNICATE" WITH THE BOARD THROUGH THE VIRTUAL COM PORT.

Firmware ATmega8U2 uses standard drivers USB COM, no third-party driver is not required, Windows needs ArduinoUNO.inf file for connection. Serial bus monitoring (Serial Monitor) of Arduino software allows you to send and receive text data while connection to the platform. TX and RX LEDs will blink on the

platform while data transferring through USB connection or FTDI chip (but not in case of serial transmission through terminals 0 and 1).

By means of Software Serial library it is possible to create serial data transmission through any of the digital outputs.

ATmega328 operates on the interfaces I2C (TWI) and SPI. The Arduino software includes a Wire library for the convenience of using the I2C bus.

### **Programming**

The platform is programmed by Arduino software. «Arduino Uno» (according to the installed microcontroller) is selected from the Tools > Board menu. Detailed information can be found in the handbook and instructions.

ATmega328 microcontroller is delivered with loader, facilitating record of new programs without external programmers use. Connection is carried out by original protocol STK500.

To program the microcontroller through the outputs ICSP (on-board programming) without loader is also possible. Detailed information is in these guidelines.

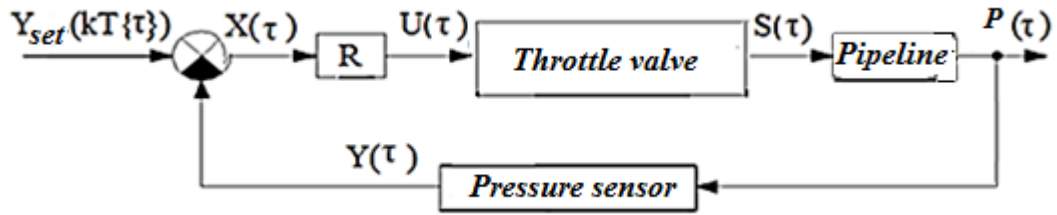
## **2.4. REGULATING SYSTEM DEVELOPMENT AND INVESTIGATION**

### **Creation and investigation of control loop on the control channel $P \rightarrow t$**

MATLAB includes Simulink package, which is necessary for dynamic systems modeling. While investigation of automatically-controlled dynamic systems and due to the implementation of automatic control theory the possibilities of this system are very broad. Therefore, it is appropriate to use Simulink package while automatic-controlled systems modeling.

Functional diagram of control loop is provided on the fig. 2.4.1. Here throttle valve is a target of control. Throttle valve is connected with pressure sensor by means of pipeline. Heat pump agents moves over the pipeline and pressure is transmitted. Here  $S(\tau)$  changes to  $P(\tau)$ .  $P(\tau)$  is the input signal for pressure sensor.

Output signal  $Y(\tau)$  from the pressure sensor comes to the signal summator, where this signal is compared with the set signal  $Y_{set}(kT\{\tau\})$ .



**Figure 2.4.1. Functional diagram of control loop**

Fault  $X(\tau)$  is generated as a result of comparison and comes to the logic unit PID-controller. At the output of controller signal  $U(\tau)$  which opens the throttle valve is generated.

### ***Transfer functions of control loop elements***

Rewrite all the elements found in the functional circuit via the transfer functions. Elements used in the summators system shall be taken as elements which don't have any influence on the other elements, it means they have single transfer function.

***Pressure sensor.*** Smart Pressure Sensor Metran-150 is installed on the Freon transmission line. Sensors Metran-150 are multirange sensors and adjusted for the upper limit of measurement or measurement range from  $P_{min}$  до  $P_{max}$ . In accordance with the standard setting the sensor is configured to  $P_{max}$  in kPa or MPa, due to it the lower limit of the measurement is zero. According to technical data sheet sensor has time  $T_c = 0,045s$ . Sensor has electronic damping of the output signal which is characterized by averaging time of the measuring results ( $T_d$ ). Averaging time of the measuring results increases the settling time of the output signal, smoothing the output signal while rapid changing of the input signal.  $T_d = 1,2 c$ .

It means that generation span of output signal by sensor:

$$T_{dd} = T_c + T_d = 0,045 + 1,2 = 1,245 c. \quad (2.1)$$

Processing unit installed in the sensor, allows to regulate the influence of external factors and non-linearity. It means that sensor can be represented as unified relaxation circuit:

$$W_{dd}(p) = \frac{k_{dd}}{T_{dd} \cdot p + 1} \quad (2.2)$$

Coefficients shall be determined  $k_{dd}$  based on the following conditions: actuating mechanism – throttle valve – actuates when signal comes from pressure sensor  $Y_{max}=20$  mA at  $P_{max}=1,53$  MPa. Minimum signal  $Y_{min}=4$  mA corresponds to the pressure  $P_{min}=0$ , when there is no active agent in the pipeline.

$$k_{dd} = \frac{Y_{max} - Y_{min}}{P_{max} - P_{min}} = \frac{0,020 - 0,004}{1,53 \cdot 10^6} = 1 \cdot 10^{-8} \quad (2.3)$$

Substituting the values (2.1) and (2.3) to the (2.2) and obtain the transfer function in numerical value:

$$W_{dd}(p) = \frac{1 \cdot 10^{-8}}{1,245 \cdot p + 1}$$

Pipeline. Pipeline distance between the pressure sensor and actuating mechanism is small, hence delay and reduction of active agent operating pressure in the pipeline is not taken into consideration. Based on this, we assume that pipe is a typical amplifying component. Amplification factor is equal to 1.

$$W_m(p) = 1$$

**Throttle valve.** According to the data, mentioned in the technical data sheet valve is a typical oscillating circuit. It shall be taken as constant temporary component:

$$T_{1v} = 0,28 \text{ c}; \quad T_{2v} = 0,45 \text{ c.}$$

Based on this, throttle valve transfer function is:

$$W_v(p) = \frac{k_v}{T_{1v}^2 p^2 + T_{2v} \cdot p + 1} \quad (2.4)$$

Oscillating coefficient  $k_v$  is determined on the basis of the following conditions: at the input  $U_{min}= 4$  mA corresponds to the minimum output signal  $S_{min}=0$  of the valve. At the input signal  $U_{max}= 20$  mA corresponds to maximum output signal of the valve  $S_{max}= 1,53$  MPa. Thereat:

$$k_v = \frac{S_{max} - S_{min}}{U_{max} - U_{min}} = \frac{1,53 \cdot 10^6}{(20 - 4) \cdot 10^{-3}} = 9,56 \cdot 10^7 \quad (2.5)$$

Equation (2.5) and  $T_{1v}=0,28$  s;  $T_{2v}=0,45$ s shall be substituted to (2.4) to determine the transfer function of throttle valve:

$$W_v(p) = \frac{9,56 \cdot 10^7}{0,0784 p^2 + 0,45 \cdot p + 1}$$

**PID-controller.** Controller performs the functions of regulator. Using the method of linear systems, we will analyze a simple way to perform control tasks. Since the controller processor has the ability to operate at high speeds.

Three parameters shall be found for PID-controller in the regulation process: the amplification factor of the proportional channel  $k_p$ , enhanced coefficient of integral channel  $k_i$  and enhanced coefficient of differential channel  $k_d$ . Taking into consideration that controller consists of accelerated circuit of the second order we can write the following:

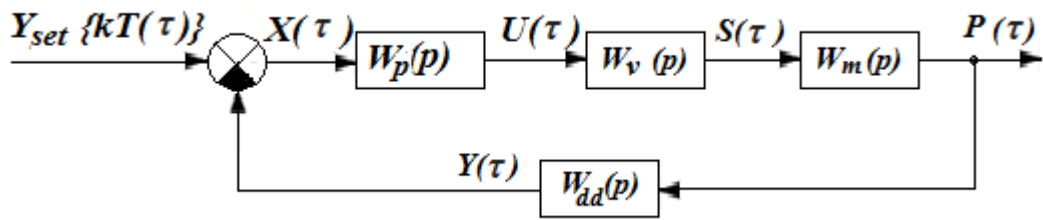
$$W_p(p) = k_p + \frac{k_i}{p} + k_d \cdot p = k_i \frac{T_{1P}^2 \cdot p^2 + T_{2P} \cdot p + 1}{p} \quad (2.6)$$

here:

$$T_{1P}^2 = \frac{k_d}{k_i} \quad T_{2P} = \frac{k_p}{k_i}$$

Now there is no possibility to write the numerical format of the expression (2.6). Since the parameters  $T_{1P}$  and  $T_{2P}$  are unknown, they are determined while correction of regulation.

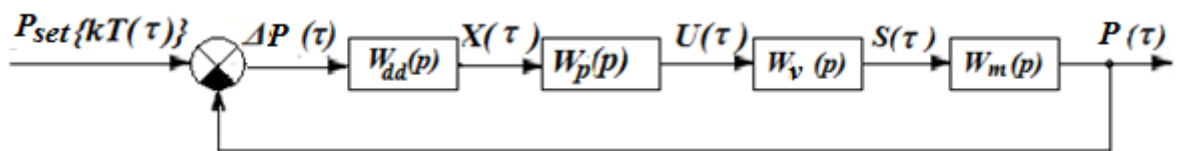
Structural diagram of the pressure regulation loop is on the Fig 2.4.2.



**Figure 2.4.2. Structural diagram of the pressure regulation loop**

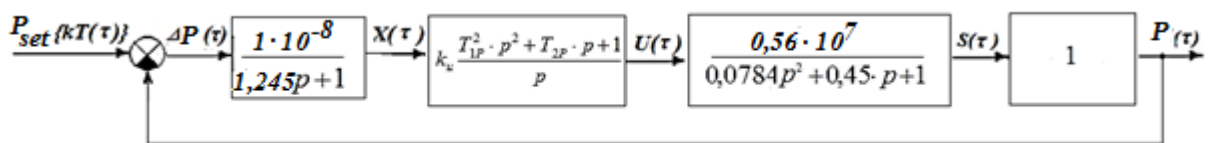
Closed system is necessary for application of automatic control theory methods, it means the existing structure shall be converted into signal structure with feedback. This change is carried out by summator moving and exclusion of factious circuit as  $Y_{set}(\tau)$  has unknown origin.

Structural diagram received after correction is shown on the figure 2.4.3.



**Fig 2.4.4. Structural diagram after correction**

Legends of structural diagram shall be added with concrete numerical values of transition functions (where it is possible). Final structural diagram is given on the figure 2.4.5.



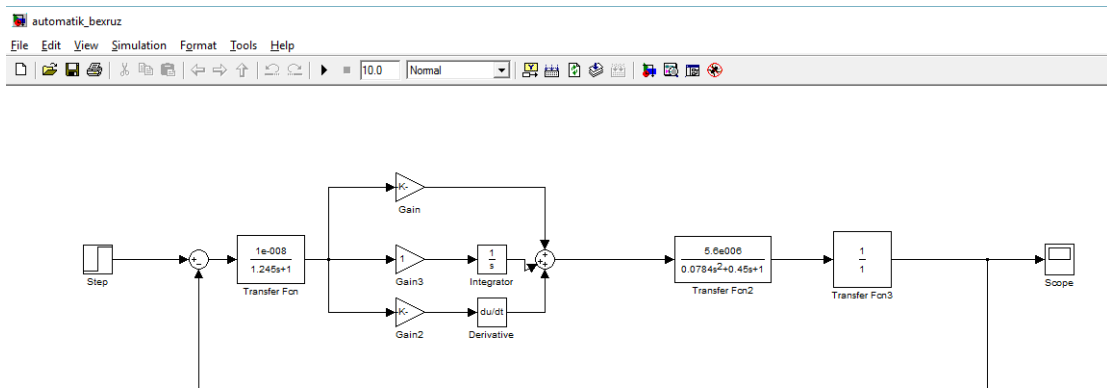
**Figure 2.4.5. Final structural diagram**

### ***Investigation of control loop***

Investigation of control loop shall be carried out in the MATLAB system, which has model package of dynamic systems Simulink This system is designed for analysis and synthesis of automatic control systems. Investigated system is represented in the form of structural diagram. Elements are selected from typical

circuits that are available in the Simulink library. Simulink allows you to calculate the transfer functions of a given regulatory structure, presentation as a graph of frequency characteristics and transient processes.

Structural diagram of control loop shall be inserted to the modeling window, following the program requirements (fig. 2.4.6.).



**Fig. 2.4.6. Structural diagram in MATLAB**

To eliminate the negative influence of valve oscillation characteristics it is necessary to select such parameters of controller for the system, that correspond to the engine parameters, it means:

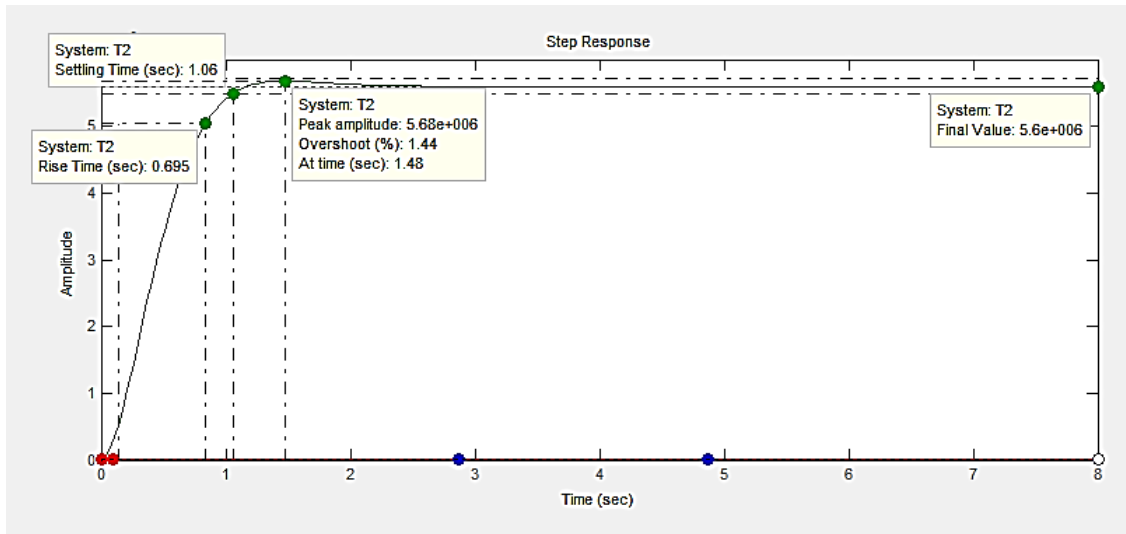
$$T_{1P}^2 = \frac{k_d}{k_i} = T_{1v}^2 = 0,0784 \quad (2.7)$$

$$T_{2P} = \frac{k_p}{k_i} = T_{2v} = 0,45 \quad (2.8)$$

With such regulation the expression in brackets in the numerator of controller transfer function and expression in the denominator of valve transfer function are reduced. With the help of this the oscillation features of valve are compensated.

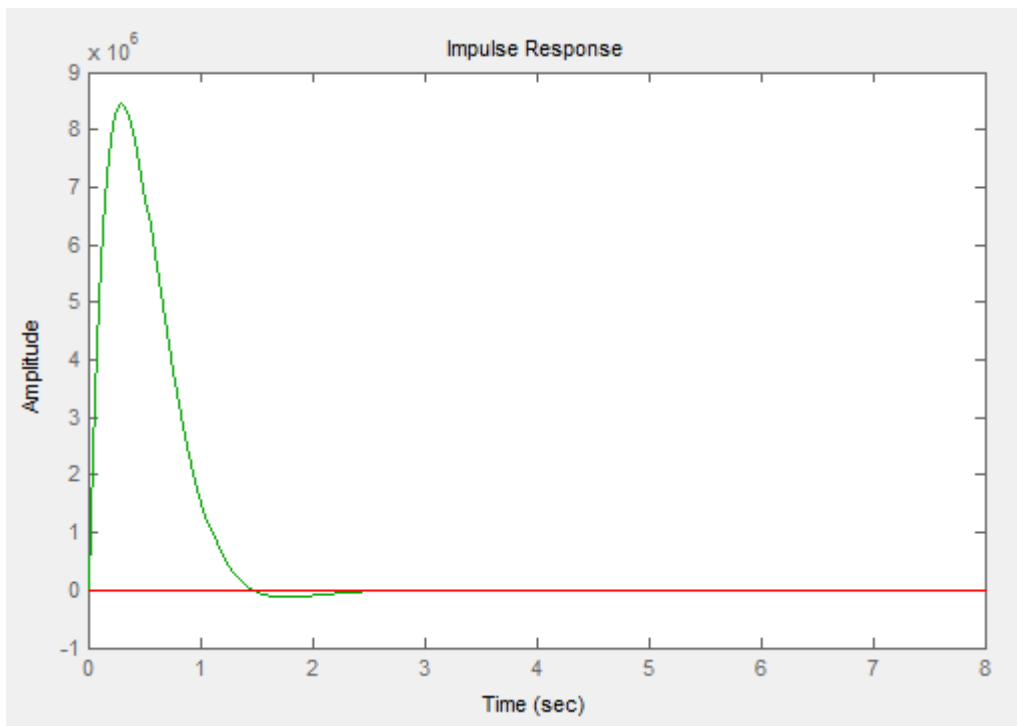
In the first stage of the investigation the amplification factor of the integrated channel is assumed equal to  $k_i = 1$ . Then, according to the expressions (2.7) and (2.8) we have:

$$k_p=0,45; k_d=0,0784.$$



**Fig 2.4.7. Graph of transitional period for the PID-controller at the single step excitation**

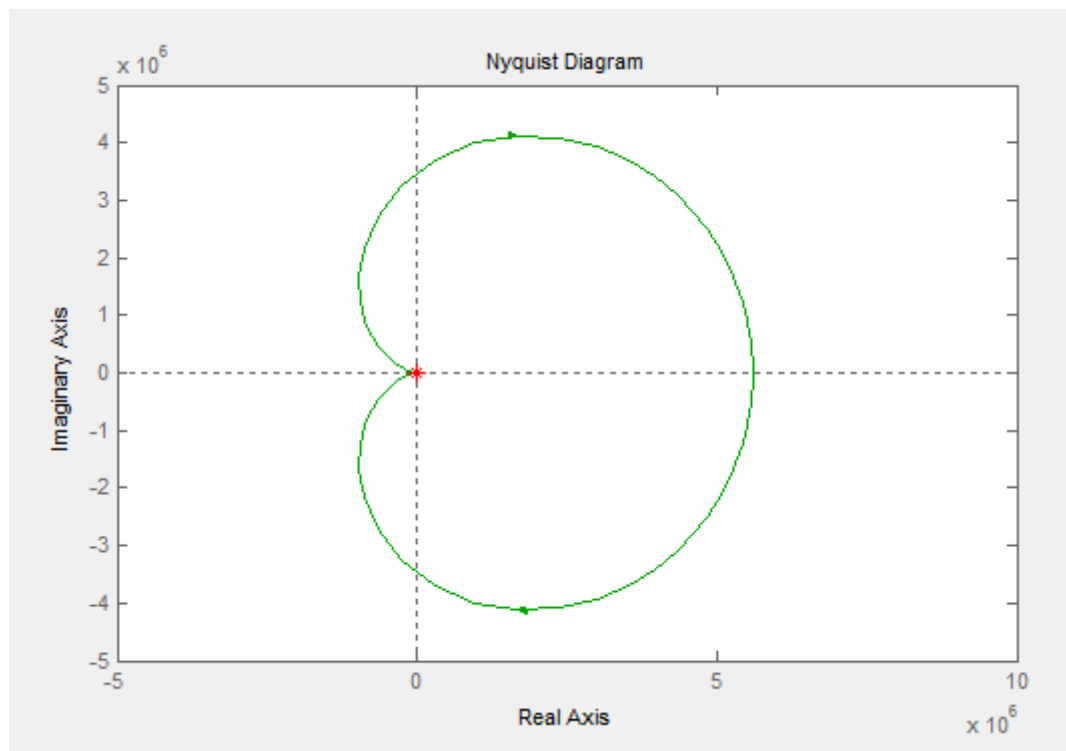
The graph (Fig 2.4.7) shows that the oscillating transition process is sustainable. Time of transition process  $t_{pp} = 1,48$  s. Deregulation is 1.44%. Static error is zero. According to the results the following conclusions shall be made: the investigated system is stable and process quality is satisfactory ( $y < 15\%$ ).





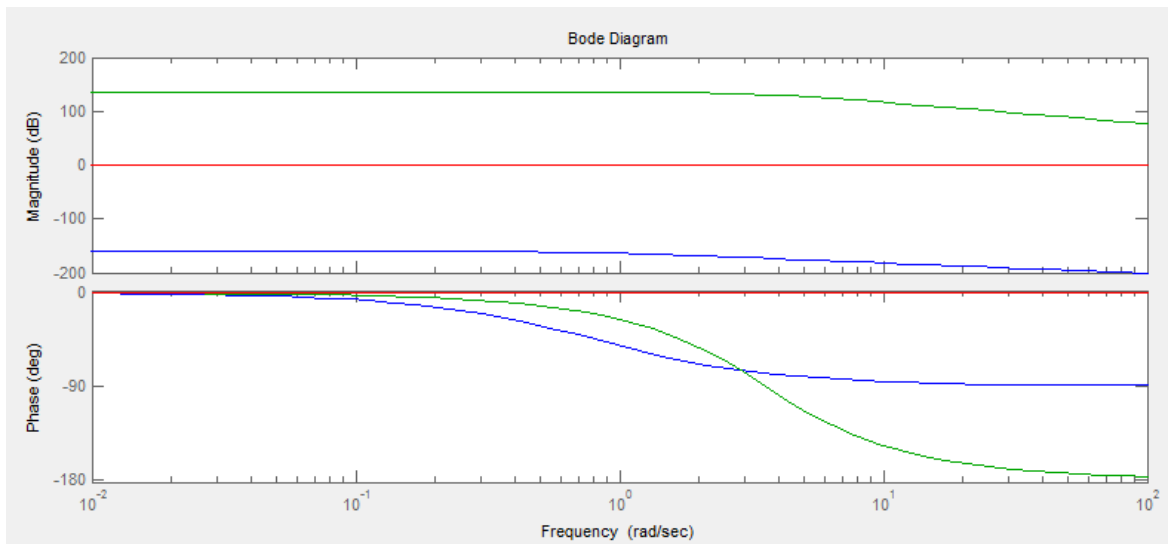
**Fig 2.4.8. Graph of transitional period for the PID-controller at the impulse excitation (reaction for impact)**

From the figures above (2.4.7., 2.4.8) It can be seen that while single step excitation or impulse excitation the object has self-regulating function, it means that the automatic control system has the ability for stable operation.



**Fig. 2.4.9..Amplitude-and-phase characteristic of automatic control system**

For stable operation of automatic control system amplitude and phase characteristics while changing the frequency from zero to infinity shall not achieve critical point  $(-1;0)$ . Graph shown on the fig. 2.4.9. claims for system stability.



**Fig. 2.4.10. Logarithm-amplitude-frequency  $L(\omega)$  and logarithm -phase-frequency  $\varphi(\omega)$  characteristics of automatic control.**

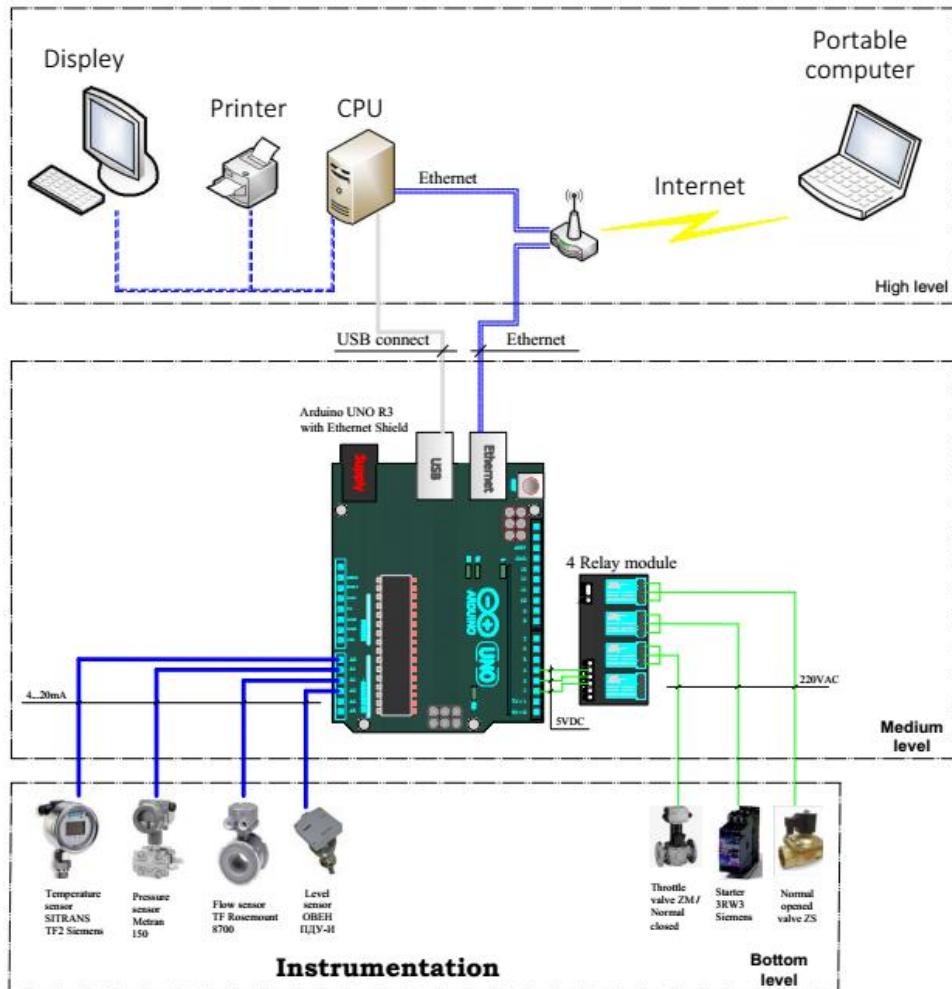
Figure 2.4.10 shows the logarithm - amplitude-frequency  $L(\omega)$  and the logarithm - phase-frequency  $\varphi(\omega)$  characteristics of the automatic control system. These curves, confirm the conclusions about stability and sustainability made on the amplitude-phase characteristics (the intersection of the boundary line is not less than 0.6 dB, the inflection line 20 dB / decade).

## Chapter III. DEVELOPMENT OF INFORMATION - COMMUNICATION CONTROL SYSTEM

### 3.1. DESCRIPTION OF THE PROCESS CONTROL STRUCTURE

Information - communication system (ICS) of control of CO<sub>2</sub> -extraction unit with heat pump application consist of three levels (fig.3.1.1.):

- First layer (lower layer) - a level of process object includes sensors, converters, actuators, and local control stations.
- Second level (middle level) - a controller level, consists of programmable logic controllers.
- Third level (upper level) - the level of the operator, includes an automated workstation (AWS) of the operator and production and process information storage server.



### **Fig. 3.1.1. Three levels of Information - communication control system**

At first level the ICS performs the following functions:

- Collection and primary processing of process data received from sensors and converters;
- Rebroadcasting of the data received from programmable controller, integrated in local stations and units for monitoring and control of process units and installations;
- data exchange (send and receive) with second level of the system;
- process control based on the collected data and commands coming from the second level of control;
- self-testing of local automation elements, programmable controllers of local control stations.

At the second level the ICS performs the following functions:

- Collection and concentration of data from the first system level on the process operation, as well as from control panels and local control stations;
- formation and transfer to the lower level of control actions;
- diagnostics of process equipment, hardware and software management systems;
- internal processing and storage of data, creation of databases;
- Data displaying and recording, implementation of the dialogue with operators;
- preparation of operational summaries, report and reference documents;
- receiving and processing of related system data;
- transmission of data to the top level of control.

At the third level ICS performs the following functions:

- Collection and concentration of data from the second level of control on process operation of the object;
- Automatic generation of reports and work (operator's) sheets by the approved form for a certain period of time.

### 3.1.1. Communication of the lower and middle levels

Measuring tools of systems (sensors and metering devices) have a standard unified output signal 4 ... 20 mA.

The connection between the sensor and the controller is performed by a physical line (two cables).

The actuators (actuator and valve) are operating under the voltage of 220-230 V. Since the output digital signal of the provided controller equals to 5V, installation of the relay (SRD-05VDC-SL-C) of galvanically isolated digital outputs of the controller is provided.

Relay SRD-05VDC-SL-C (fig. 3.1.2.) for Arduino is used to control various devices with high input current.

To use the relay module, need to connect the control unit. Then you need to connect the 5V power to the terminals Vcc and module Gnd. Then to the control pins In1 - In2 relay module is necessary to connect the microcontroller, computer or other control device, and start to work. To each of the 2 relays connected to a red LED that lights up when the relay is energized.



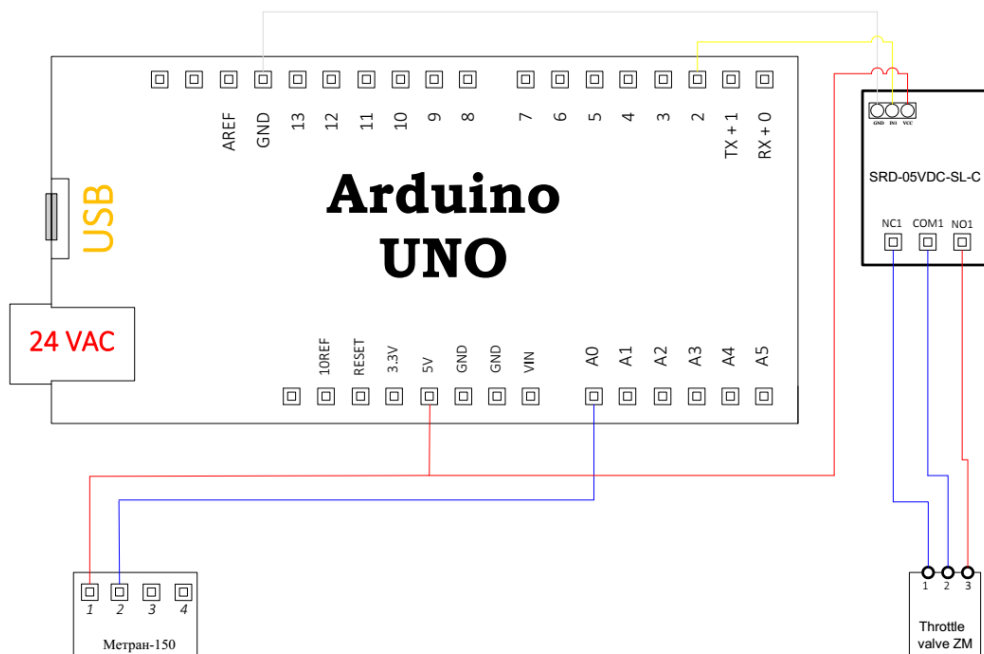
**Fig. 3.1.2. The relay (SRD-05VDC-SL-C) of galvanically isolated digital outputs of the controller**

Module is controlled by a microcontroller, microprocessor or other computer control device. The board of the relay module has a jumper to switch between Gnd-Vcc and Vcc-JDVcc (Arduino 5V and 5V power supply).

Scheme of connection between of the sensor and the PLC is shown in fig. 3.1.3.

The relay module has two interfaces - for connecting the control device (microcontroller, a computer) and for connecting the managed devices to the switch:

- relay module for connection to the control device uses a 4-pin interface. Contact GND and VCC to connect + 5V, In1 conclusions - In2 to connect the control signal;
- for connection of controlled devices to switch on the card is present 6-pin-clips (3 on each relay).



**Fig. 3.1.3. Scheme of connection between of the sensor and the PLC**

Power relay module is carried out or by the control device, or from an external power supply (power supply, battery packs). If you need full optical isolation, connect Vcc to the output of + 5V Arduino, but not connected to Gnd.

Specification:

- Relay operating current: 15 – 20mA;
- Relay control voltage 5V;

- High-current relay SRD-05VDC-SL-C AC250V 10A, AC125V 10A, DC30V 10A, DC28V 10A;
- LED status indication of each relay;
- a standard interface through which you can control relay module with the Arduino controller, 8051, AVR, PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic, or from a computer;
- Dimensions: 49.3 x 38.2 x 20.0 mm;
- Weight: '30

All equipment of the lower and middle levels is electrified from an external power source.

### **3.1.2. Contact of the middle and upper levels.**

Communication of controller level with an upper level is performed via the network based on the Ethernet (100BASE-T) protocol and USB cable.

«Arduino Ethernet Shield» is provided for remote control and monitoring of the process, which is connected to the modem by Ethernet protocol. Further, the mobile PC monitors the process operation through the Internet at any point of the earth.

Ethernet /'i:θərnɛt/ is a family of computer networking technologies commonly used in local area networks (LANs) and metropolitan area networks (MANs). It was commercially introduced in 1980 and first standardized in 1983 as IEEE 802.3, and has since been refined to support higher bit rates and longer link distances. Over time, Ethernet has largely replaced competing wired LAN technologies such as token ring, FDDI and ARCNET.

The original 10BASE5 Ethernet uses coaxial cable as a shared medium, while the newer Ethernet variants use twisted pair and fiber optic links in conjunction with hubs or switches. Over the course of its history, Ethernet data transfer rates have been increased from the original 2.94 megabits per second (Mbit/s)[3] to the latest 100 gigabits per second (Gbit/s), with 400 Gbit/s expected by late

2017. The Ethernet standards comprise several wiring and signaling variants of the OSI physical layer in use with Ethernet.

Systems communicating over Ethernet divide a stream of data into shorter pieces called frames. Each frame contains source and destination addresses, and error-checking data so that damaged frames can be detected and discarded; most often, higher-layer protocols trigger retransmission of lost frames. As per the OSI model, Ethernet provides services up to and including the data link layer.

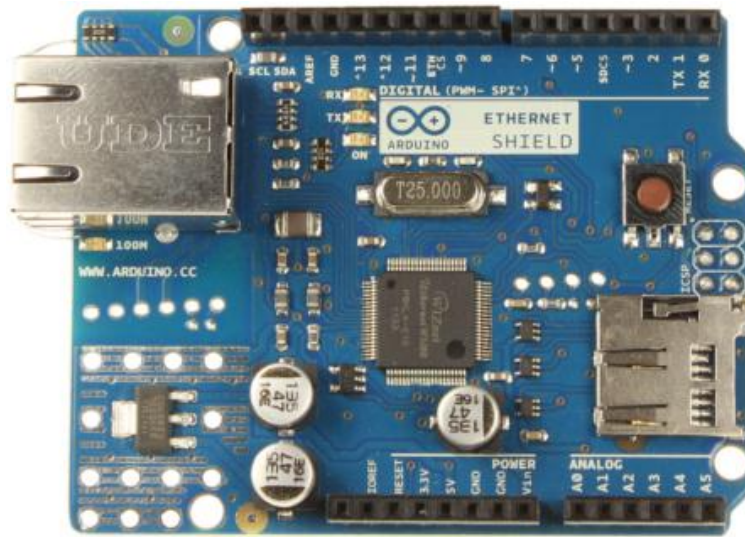
Since its commercial release, Ethernet has retained a good degree of backward compatibility. Features such as the 48-bit MAC address and Ethernet frame format have influenced other networking protocols. The primary alternative for some uses of contemporary LANs is Wi-Fi, a wireless protocol standardized as IEEE 802.11.

The Ethernet physical layer evolved over a considerable time span and encompasses coaxial, twisted pair and fiber-optic physical media interfaces, with speeds from 10 Mbit/s to 100 Gbit/s. The first introduction of twisted-pair CSMA/CD was StarLAN, standardized as 802.3 1BASE5;[41] while 1BASE5 had little market penetration, it defined the physical apparatus (wire, plug/jack, pin-out, and wiring plan) that would be carried over to 10BASE-T.

The most common forms used are 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T. All three utilize twisted pair cables and 8P8C modular connectors. They run at 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, and 1 Gbit/s, respectively. Fiber optic variants of Ethernet offer high performance, better electrical isolation and longer distance (tens of kilometers with some versions). In general, network protocol stack software will work similarly on all varieties.

For distance control and monitoring of the process to the controller «Arduino UNO» optional card installed «Arduino Ethernet Shield» (fig. 3.1.4.), Which is using the Ethernet protocol connects to the modem. Further, the mobile operator shall monitor and oversee the process through the Internet at any point of the earth.





**Fig.3.1.4. The board «Arduino Ethernet Shield» for sending information from Ethernet protocol.**

Technical specifications

- Operating voltage 5V (supplied from the Arduino Board)
- Ethernet Controller: W5100 with internal 16K buffer
- Connection speed: 10/100Mb
- Connection with Arduino on SPI port

The Arduino Ethernet Shield allows an Arduino board to connect to the internet. It is based on the Wiznet W5100 ethernet chip. The Wiznet W5100 provides a network (IP) stack capable of both TCP and UDP. It supports up to four simultaneous socket connections. Use the Ethernet library to write sketches which connect to the internet using the shield. The ethernet shield connects to an Arduino board using long wire-wrap headers which extend through the shield. This keeps the pin layout intact and allows another shield to be stacked on top.

The most recent revision of the board exposes the 1.0 pinout on rev 3 of the Arduino UNO board.

The Ethernet Shield has a standard RJ-45 connection, with an integrated line transformer and Power over Ethernet enabled.

There is an onboard micro-SD card slot, which can be used to store files for serving over the network. It is compatible with all the Arduino/Genuino boards.

The on-board micro SD card reader is accessible through the SD Library. When working with this library, SS is on Pin 4. The original revision of the shield contained a full-size SD card slot; this is not supported.

The shield also includes a reset controller, to ensure that the W5100 Ethernet module is properly reset on power-up. Previous revisions of the shield were not compatible with the Mega and need to be manually reset after power-up.

At the third level ICS is:

1. Server and mobile PC - Intel Core i7, 2.5GHz, RAM DDR3 - 6 GB;
2. Display - 19";
3. Network printer;
4. Network commutator.

Automated workstation has been developed on the basis of Microsoft Windows 10 operating system.

### **3.1.2. Description of the measurement functions operation**

The measured value is measured by the sensor and converted into an electrical signal of 4-20 mA. The signal is then transmitted over the analog line to the analog input of the controller. In the controller the electric analog signal is converted to digital (ADC) code. Considering the conversion rate of the physical value, this digital value is converted programmatically into a real value of the process variable.

The actual value of the process variable (hereinafter, value) is recorded in the historical values database with related time stamp.

Under this condition the value is calculated, depending on the settings: alarm, warning, normal. The event is generated according to the state. All related animation links in SCADA system are redrawn based on the new value.

### **3.1.3. Description of control functions operation**

When the command button is clicked at the automated workstation the value of the new status of the device is sent to the programmable controller. In the

controller this state is analyzed for validity and then is either confirmed or denied. If the new state is confirmed, the programmable controller issues a sequence of control signals through the digital outputs to the actuator. Herewith, DCS subsystem controls every stage of control signals sending and blocks the state transition in case of error.

### **3.1.4. Description of regulating functions operation**

Regulating process is a fully automated process. The system user enters a regulating task. Subsequently, the converter of process variables measures the input value. This value is sent for processing into programmable controller by PID algorithm. This algorithm calculates the state of operating member for the output parameter and produces a series of control signals to set the mechanism in the appropriate state.

## **3.2. DEVELOPMENT OF THE PROCESS CONTROL SOFTWARE**

For configuration the Programmable Logic Controller Arduino (onwards board) we used Arduino Software IDE (onwards Software).

The open-source Arduino Software (IDE) makes it easy to write code and upload it to the board. It runs on Windows, Mac OS X, and Linux. The environment is written in Java.

For configuration the board on OC Windows we need to do the following:

1. Download and install the Software;
2. Connect the board;
3. Install the board drivers;
4. Launch the Software;
5. Select board;
6. Select serial port;
7. Upload the program

We need a standard USB cable to get started (fig.3.2.1.):



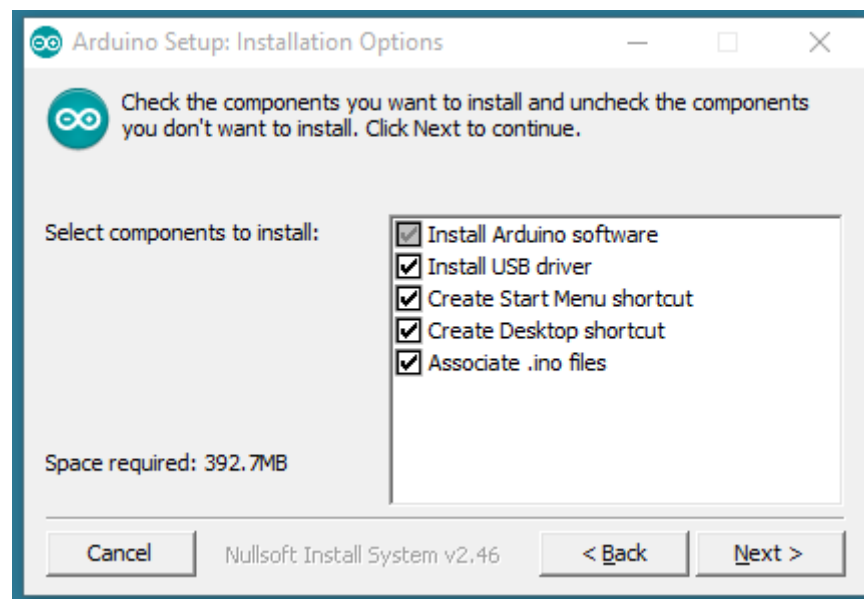
**Fig.3.2.1. The standard USB cable for connection controller with PC**

### 1. Download and install the Software

We can the latest version Software from the download page. We can choose between the Installer (.exe) and the Zip packages. We use the first one that installs directly everything you need to use the Arduino Software (IDE), including the drivers. With the Zip package we need to install the drivers manually.

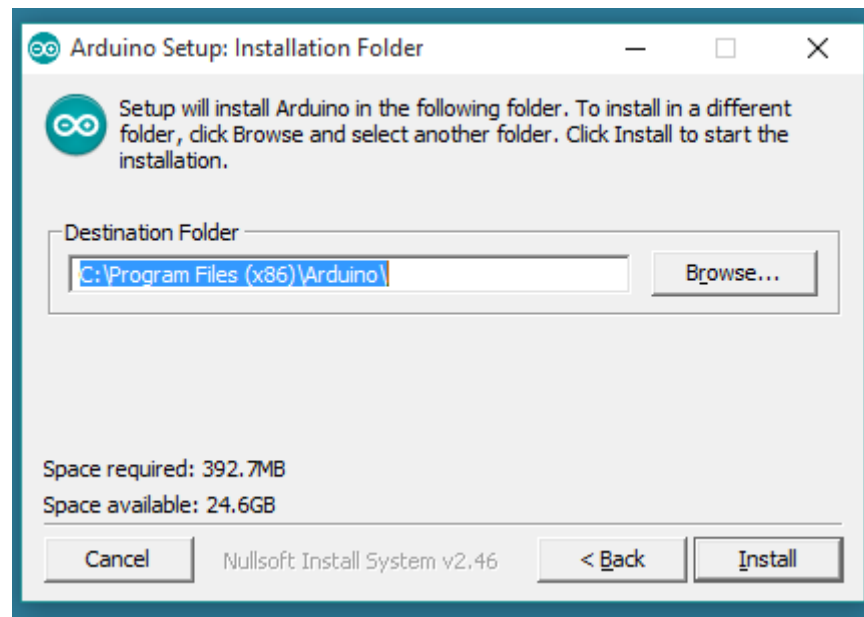
When the download finishes, proceed with the installation and allowed the driver installation process.

Chosen the components to install (fig.3.1.2.)



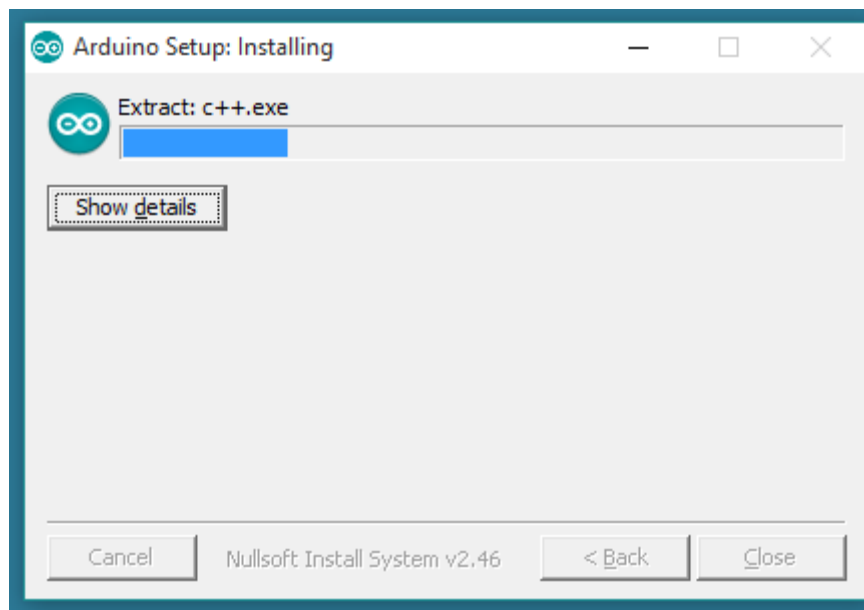
**Fig.3.1.2. Window (1) Arduino software installation.**

Chosen the installation directory (we keep the default one) (fig. 3.1.3.)



**Fig.3.1.3. Window (2) Arduino software installation.**

The process will extract and install all the required files to execute properly the Software (fig. 3.1.4.)



**Fig.3.1.3. Window (3) Arduino software installation.**

2. Connect the board

The USB connection with the PC is necessary to program the board. The board automatically draw power from either the USB or an external power supply.

Connect the board to computer using the USB cable. The green power LED (labelled PWR) should go on.

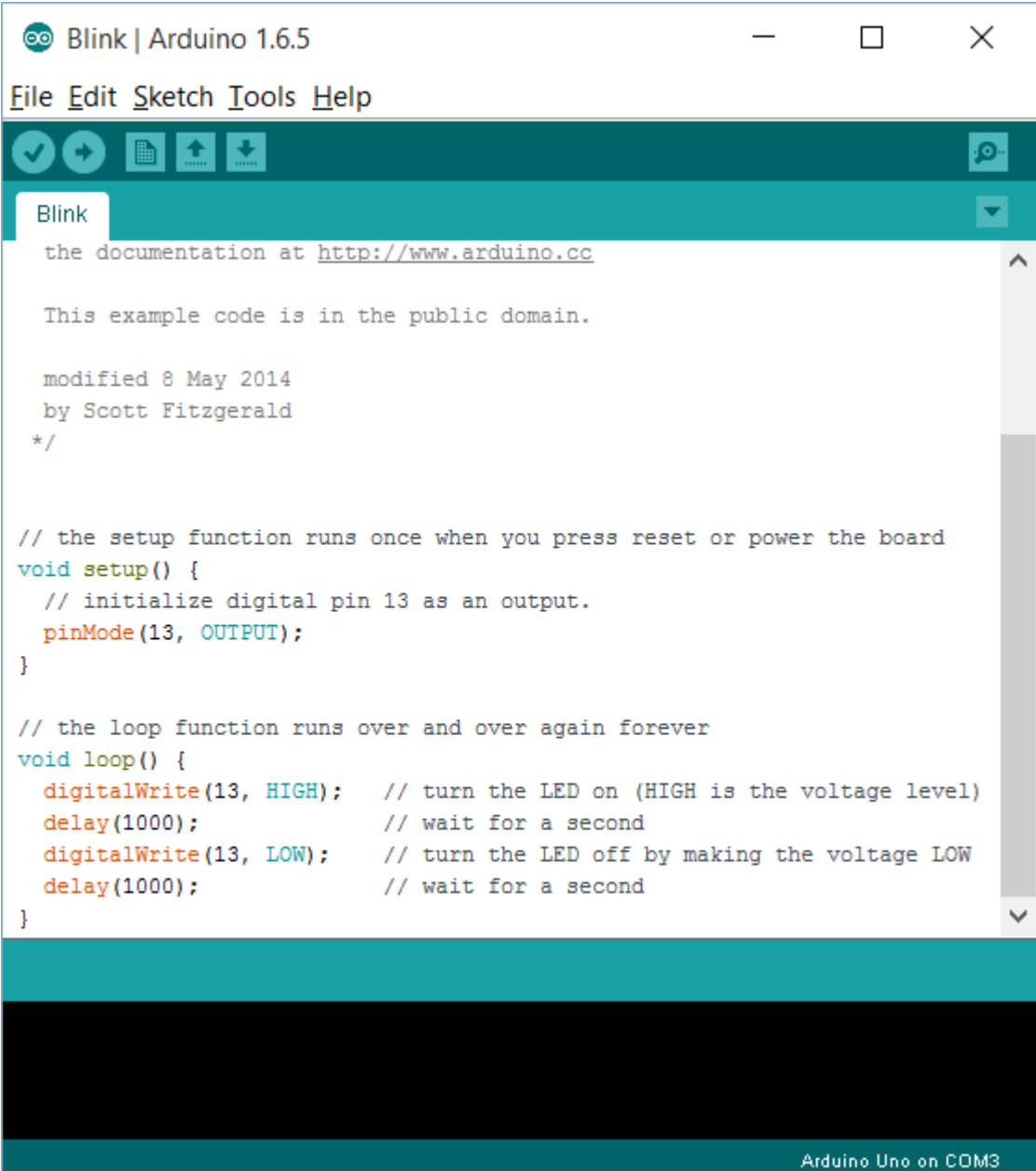
### 3. Install the board drivers

OS Windows - from XP up to 10 - will install drivers automatically as soon as we connect your board.

### 4. Launch the Arduino Software (IDE)

Double-click the Arduino icon (arduino.exe) created by the installation process.

The program window is presented in Fig. 3.1.5.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE window titled "Blink | Arduino 1.6.5". The window has a menu bar with "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for saving, running, and uploading. The main area displays the code for the "Blink" sketch. The code includes a comment about the documentation at <http://www.arduino.cc>, a note that the code is in the public domain, and a modification date of 8 May 2014 by Scott Fitzgerald. The code defines a setup function to initialize pin 13 as an output and a loop function that turns the LED on and off with 1000ms delays. The status bar at the bottom indicates "Arduino Uno on COM3".

```
Blink | Arduino 1.6.5
File Edit Sketch Tools Help
Blink
the documentation at http://www.arduino.cc
This example code is in the public domain.
modified 8 May 2014
by Scott Fitzgerald
*/

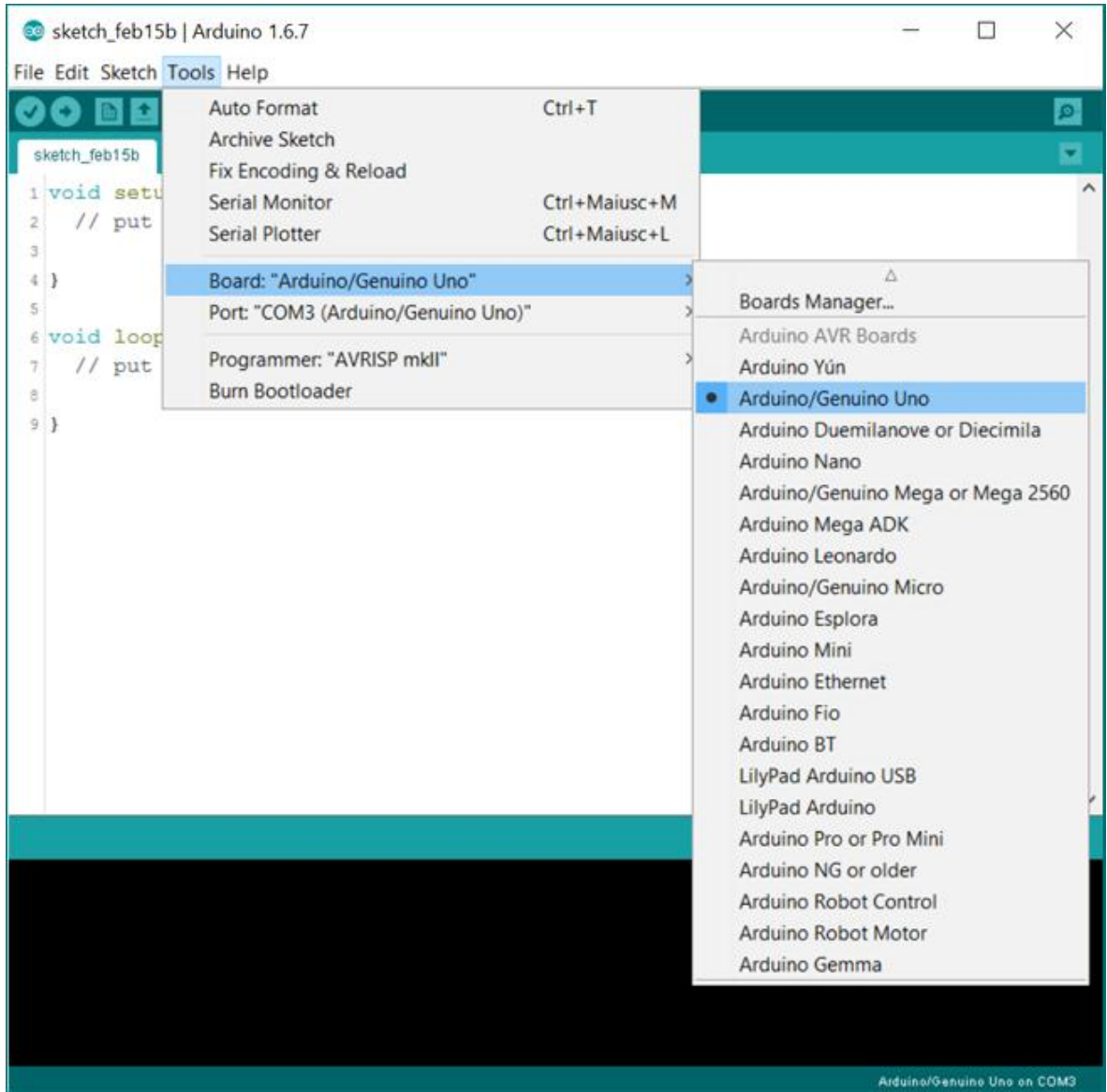
// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin 13 as an output.
  pinMode(13, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
}
Arduino Uno on COM3
```

**Fig.3.1.5. Window Arduino software.**

5. Select board

We selected the entry in the Tools > Board menu that corresponds to our Arduino board (fig. 3.1.6.)



**Fig.3.1.6. Window Arduino software.**

6. Select your serial port

Selected the serial device of the board from the Tools | Serial Port menu. Our is COM3.

7. Upload the program

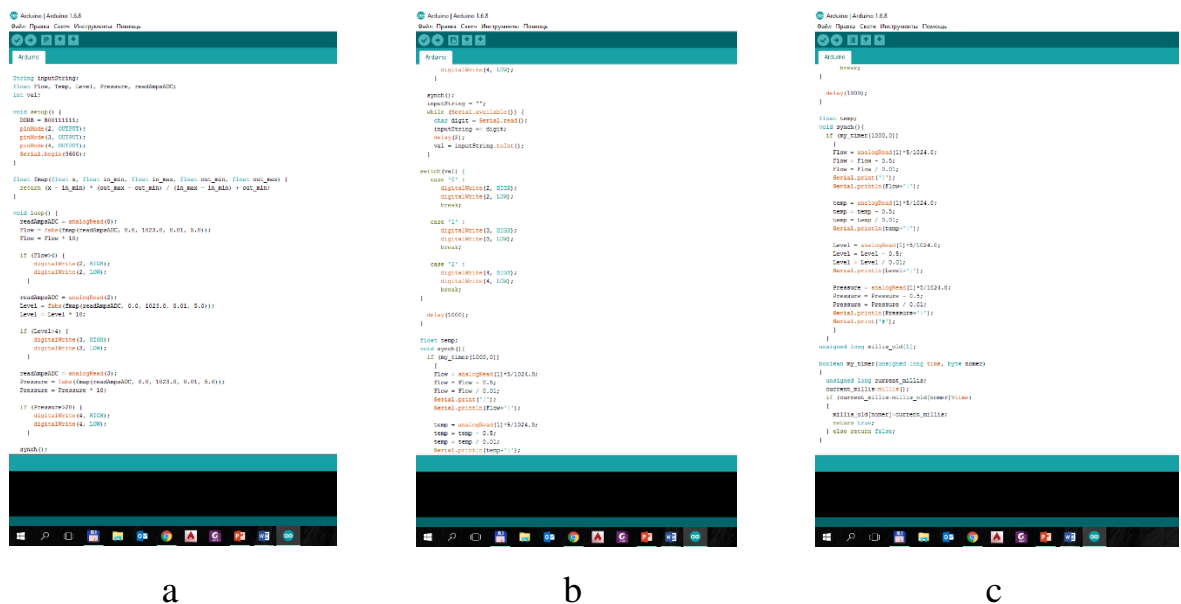
Now, clicked the "Upload" (fig. 3.1.7.) button in the environment. Waiting a few seconds - you should see the RX and TX leds on the board flashing. If the upload is successful, the message "Done uploading." will appear in the status bar.



**Fig.3.1.7. Window Arduino software.**

A few seconds after the upload finishes, we should see the pin 13 (L) LED on the board start to blink (in orange). The download process is completed.

After configuration, we beginning to write a program listing (fig 3.1.8. a, b, c).



**Fig. 3.1.8. Print screen window ARDUINO Software with listing**

### 3.2.1. DESCRIPTION OF PROGRAM LISTING

**At first we get our variables:**

String inputString;

float Flow, Temp, Level, Pressure, readAmpsADC;

int val;

**For setting port:**



```

void setup() {
  DDRB = B00111111;
  pinMode(2, OUTPUT);      -- For activation port Analog in A2
  pinMode(3, OUTPUT);      -- For activation port Analog in A3
  pinMode(4, OUTPUT);      -- For activation port Analog in A4
  Serial.begin(9600);      -- For activation identification mode to
}                          display

```

```

float fmap(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max) {
  return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}

```

**For continuous execution of commands:**

```

void loop() {
  readAmpsADC = analogRead(2);    -- For reading information from port
Analog in A2
  Flow = fabs(fmap(readAmpsADC, 0.0, 1023.0, 0.01, 5.0)); -- For converting
the electrical signal to a digital
  Flow = Flow * 10;

  if (Flow > 4) {                -- If the electrical signal is greater than 4 mA, then it
sends the signal to the digital output 3.
    digitalWrite(3, HIGH);
    digitalWrite(3, LOW);
  }

  readAmpsADC = analogRead(3); -- For reading information from port
Analog in A3
  Level = fabs(fmap(readAmpsADC, 0.0, 1023.0, 0.01, 5.0)); -- For converting
the electrical signal to a digital
  Level = Level * 10;
}

```

```

    if (Level>20) { -- If the electrical signal is 20 mA, then it sends the signal to
the digital output 4
        digitalWrite(4, HIGH);
        digitalWrite(4, LOW);
    }
    readAmpsADC = analogRead(1); -- For reading information from port
Analog in A1
    Pressure = fabs(fmap(readAmpsADC, 0.0, 1023.0, 0.01, 5.0)); -- For
converting the electrical signal to a digital
    Pressure = Pressure * 10;

    if (Pressure>20) { -- If the electrical signal is 20 mA, then it sends the signal
to the digital output 2
        digitalWrite(2, HIGH);
        digitalWrite(2, LOW);
    }
    synch(); -- For identification to display
    inputString = "";
    while (Serial.available()) {
        char digit = Serial.read();
        inputString += digit;
        delay(2);
        val = inputString.toInt();
    }

    switch(val) {
        case '0' :
            digitalWrite(2, HIGH);

```

```

    digitalWrite(2, LOW);
    break;

case '1' :
    digitalWrite(3, HIGH);
    digitalWrite(3, LOW);
    break;

case '2' :
    digitalWrite(4, HIGH);
    digitalWrite(4, LOW);
    break;
}

delay(1000); -- For to get information an interval 1 sec.
}

float temp;
void synch(){
    if (my_timer(1000,0))
    {
        Flow = analogRead(2)*5/1024.0;
        Flow = Flow - 0.5;
        Flow = Flow / 0.01;
        Serial.print('!');
        Serial.println(Flow+'|');

        temp = analogRead(0)*5/1024.0;
        temp = temp - 0.5;
    }
}

```

```

temp = temp / 0.01;
Serial.println(temp+ '|');

Level = analogRead(3)*5/1024.0;
Level = Level - 0.5;
Level = Level / 0.01;
Serial.println(Level+ '|');

Pressure = analogRead(1)*5/1024.0;
Pressure = Pressure - 0.5;
Pressure = Pressure / 0.01;
Serial.println(Pressure+ '|');
Serial.print('#');
}
}
unsigned long millis_old[1];

boolean my_timer(unsigned long time, byte nomer)
{
  unsigned long current_millis;
  current_millis=millis();
  if (current_millis-millis_old[nomer]>time)
  {
    millis_old[nomer]=current_millis;
    return true;
  } else return false;
}
The end.

```

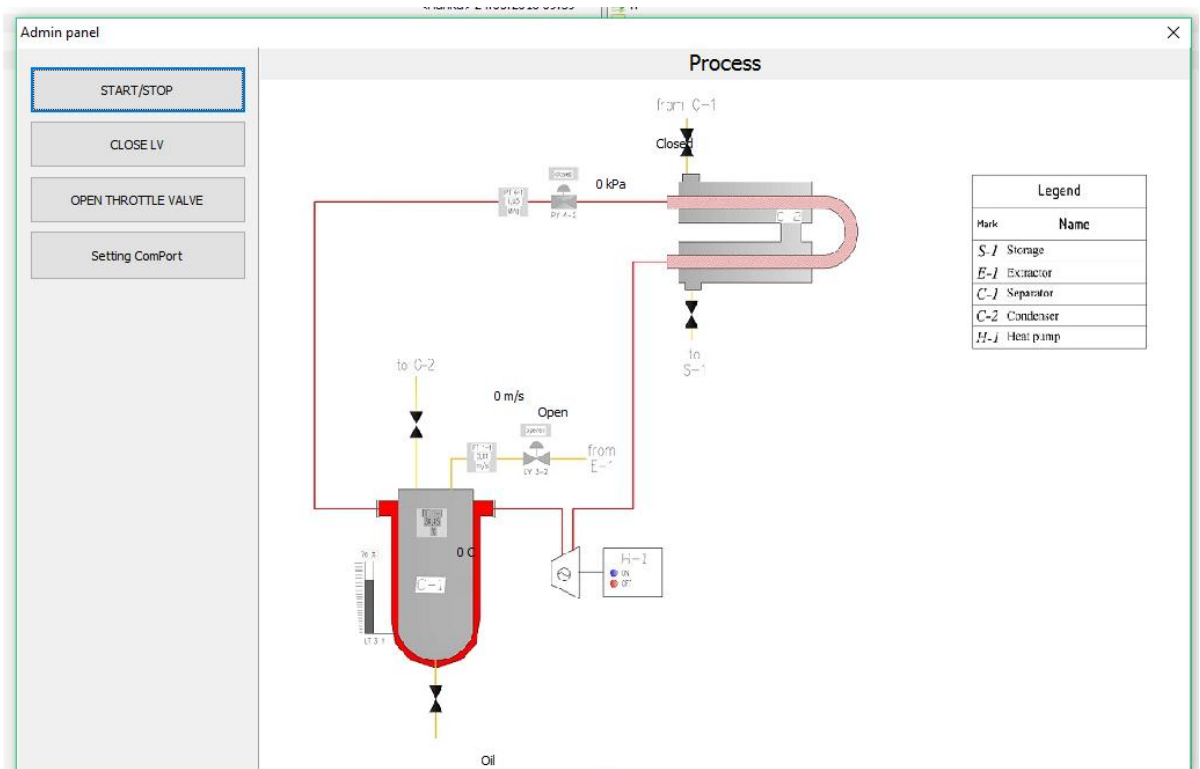
### 3.2. DEVELOPMENT OF HUMAN-MACHINE INTERFACE

Human-machine interface (HMI) — is a broad concept, encompassing engineering solutions that ensure the interaction of the human operator with controlled machines [43].

In industrial conditions HMI is mostly implemented with application of standard tools: operator interfaces, computers and standard software.

HMI for operation process control of the heat pump installation CO<sub>2</sub>-extraction is developed in Delphi programming

The operator interface is shown in Fig. 3.3.1.



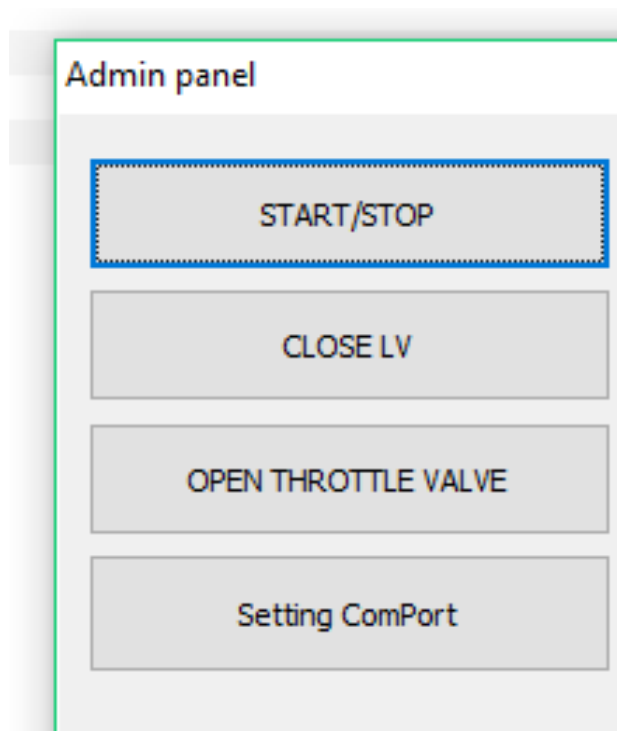
**Fig. 3.3.1. Operator interface.**

Since the process in basic mode occurs automatically, operator via the interface can observe the process implementation.

The interface is designed so that the operator receives information about the status of the actuators, the results of sensors installed on site.

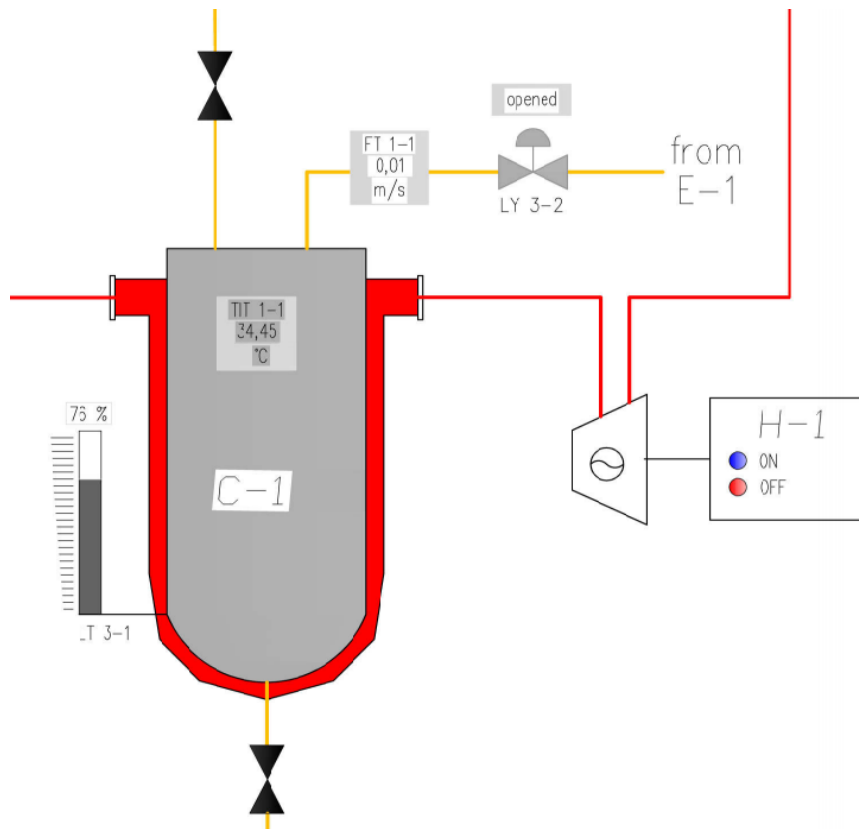
In interface operator observes the process in the form of diagram. (fig. 3.3.2.)





**Fig. 3.3.3. Control area of interface operator**

Start/stop button is intended for start or stop the compressor engine. If the motor is on, blue signal will indicate this on the operator interface. (fig. 3.3.4.). If it is off red signal will indicate this on the operator interface.



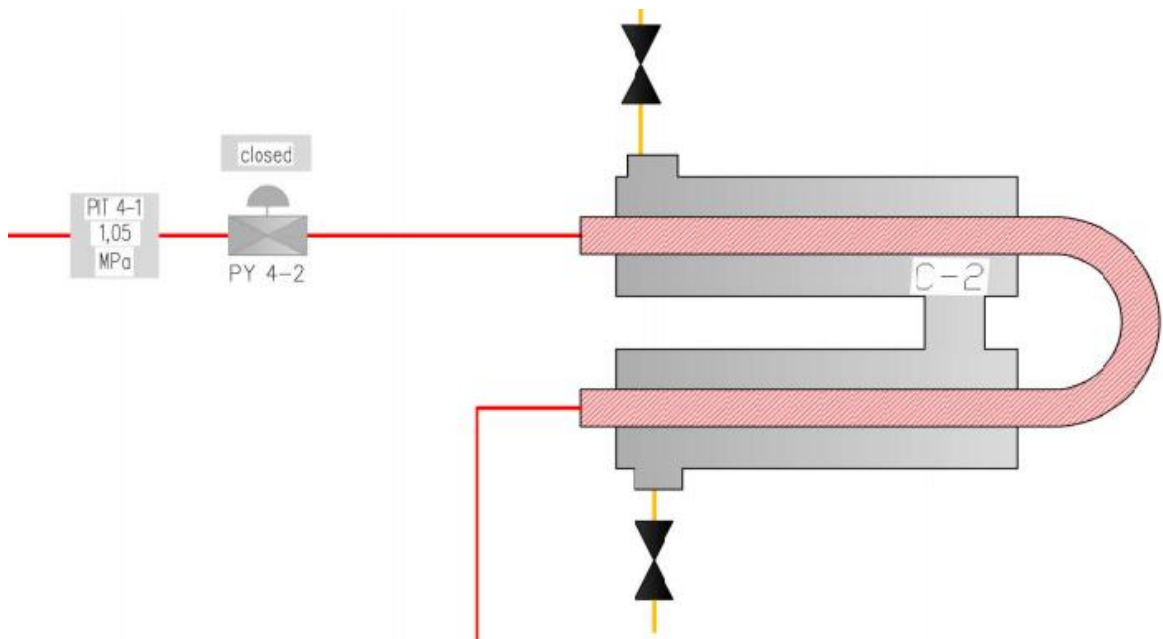
**Fig. 3.3.4. Separator.**

By pressing «Close LV» button operator is able to close normally open switch-off valve LY 3-2, thereby to block the flow of miscella into the separator.

Sensors values of level LT 3-1, flow FT 2-1 and temperature TIT 1-1 are identified in the interface.

By pressing the «OPEN THROTTLE VALVE» button operator is able to open the throttle valve PY 4-2, thereby relieve the pressure of active agent (fig.3.3.5.).

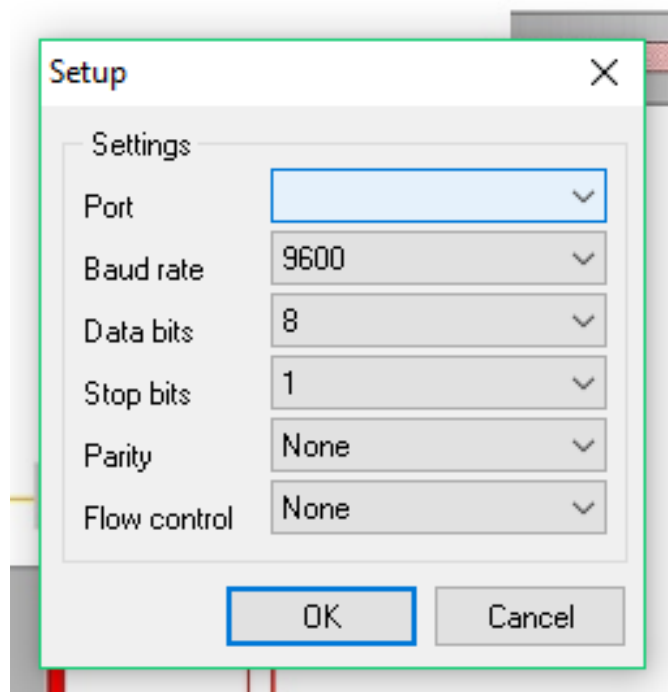




**Fig. 3.3.5. Condenser**

Pressure parameters are shown in the interface in digital form PIT 4-1.

«Setting ComPort» button is used to set the computer port, connected with controller or another device which connects the upper level with the intermediate level (fig.3.3.6).



**Fig. 3.3.6. Port configuration window**

## CONCLUSION

Structure particularities of vegetable raw of our region, fruit kernels, grape seeds, ginger root et al., suggest the development of extraction manufacturing modes using liquid carbon dioxide, kinetics and dynamics of the condensation process, extraction and separation for the amount and quality of the produced product

Implemented analysis of scientific and technical literature has shown that for the last ten years in the developed countries of the world strategy for rational use of substances in supercritical state in a closed technological cycle and other high technologies is being actively developed. In the supercritical state the substance expands, occupying the entire volume like gas, but has high density, like liquid.

The main problem is energy consumption of the process, which can be solved through the application of the heat pump in the process unit and the introduction of heat pump operation automatic control.

**While implementation this master work, the following operations have been carried out:**

1. Research task has been implemented on the basis of literature review.
2. Electric power calculation of heat pump for CO<sub>2</sub> extraction experimental unit has been carried out. Energy conversion coefficient and required power for heat pump compressor have been identified.
3. The functional diagram of heat pump automation has been developed. The choice of microcontroller and touch actuator equipment has been justified.
4. Investigation of the pressure control loop of heat pump active agent has been carried out.
5. A three-level structure of the ICS process control has been developed.
6. A listing for PLC Arduino programming has been developed.
7. A program interface for control and monitoring of the process has been developed.

8. The developed process control ICS allows as to control, manage and monitor the heat pump remote access

## LIST OF REFERENCES

- 1 Каримов И.А. Мировой финансово – экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. - Т.: Узбекистан, 2009. - 48 с.
- 2 Каримов И.А. Доклад на заседании Кабинета Министров РУз, посвященном основным итогам 2015 года и приоритетам социально-экономического развития на 2016 год. //Газета «Народное слово» от 18 января 2016 года, №13.
- 3 Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров. Том I, кн.2 /Под общей редакцией А.Г.Сергеева. Л.: ВНИИЖ, 1974, - 604 с.
- 4 Водяник А. Р., Шадрин А. Ю., Синев М. Ю. Сверхкритическая флюидная экстракция природного сырья: мировой опыт и ситуация в России // «Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика». Том 3. № 2. 2008, С.58-69.
- 5 Д. Залепугин Д. Ю., Тилькунова Н. А., Чернышова И. В., Поляков В.С. Развитие технологии, основанных на использовании сверхкритических флюидов // Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика», том 1, №1, 2006, с.27-51.
- 6 Соколов Е. Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. — М.: Энергоиздат, 1981. — 320 с.
- 7 Макмайкл Д., Рей Д. Тепловые насосы. -М.: Энергоиздат, 1982. - 218 с.
- 8 [www.tn.esco.co.ua](http://www.tn.esco.co.ua) /сайт журнала «Тепловые насосы».
- 9 Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. - М.: Пищевая промышленность. 1973. - 528 с.
- 10 Гинзбург А.С. Расчет и конструирование сушильных установок пищевой промышленности. М.: 1985г. с.16

- 11 Сафаров А.Ф., Гафуров К.Х., Хикматов Д.Н., Холиков А.А. Энергоресурсосберегающие технологии при переработке плодов и овощей (монография) – Бухара: «Дурдона», 2013. - 247 с.
- 12 IEA Heat pump center. Informative Fact Sheet. HPS-IF32, January, 2002.
- 13 Кошевой Е.П. Экстракция двуокисью углерода в пищевой технологии / Е.П.Кошевой, Х.Р.Блягоз.- Майкоп, 2000.- 495 с.
- 14 Блягоз Х.Р. Развитие научных основ и разработка процессов и техники экстракции двуокисью углерода в пищевой промышленности. //Дисс.на соиск.учен.степени докт.техн.наук-Краснодар-2002, 390с.
- 15 Сафаров А. Ф., Гафуров К. Х. Использование углекислого газа в качестве растворителя в процессе экстракции // «Озик-овкат саноатида илгор технологиялар» республика илмий – амалий анжумани маколалар туплами – 2011 йил 20-21 май, I-кисм, Бухоро – 2011, б.4
- 16 Гумеров Г.И. Экономика сверхкритических технологий. Вестник Казанского технологического университета, 1988, №1, с. 128-140
- 17 Мазурова О.К. Методические указания по расчету тепловых насосов для теплоснабжения. – Ростов-на-Дону: Рост. Гос. Строит. Ун-т., 2004. – 19 с.с ил.
- 18 Юсупбеков Н.Р. ва бошқалар. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. –Тошкент: Ўқитувчи. 1997.
- 19 Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.И., Гуломов Ш.М., Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Toshkent: Ўқитувчи. 2011.
- 20 Артиков А. Компьютерные методы анализа и синтеза химико-технологических систем: Учебник для магистрантов технологических специальностей. – Ташкент: «Voris Nashriyot»,

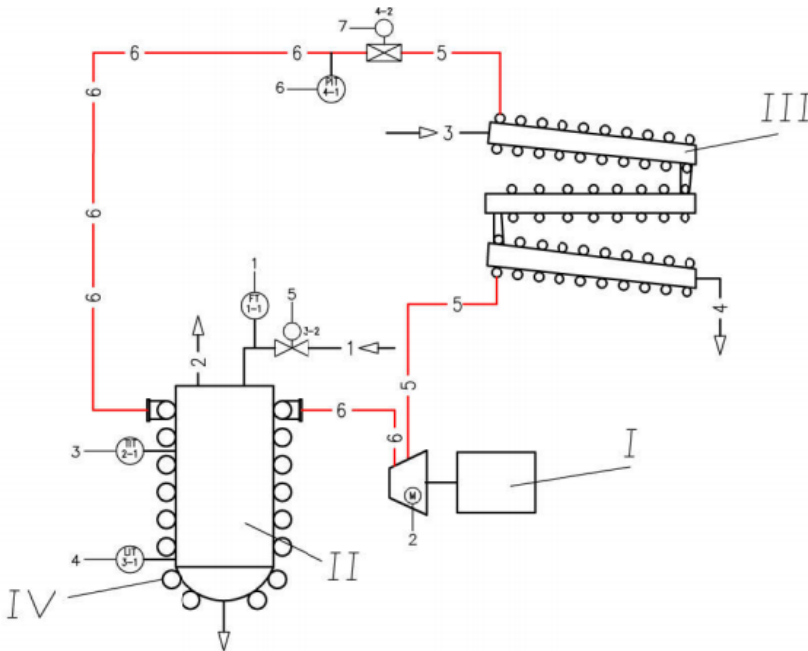
2012. – 160 с.
- 21 Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. – Санкт Петербург. 2006
  - 22 Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. – Москва: Инфра-Инженерия. 2008
  - 23 Емельянов А.И, О.В. Капник. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. – Москва: Энергоатомиздат. 1983
  - 24 Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара: Учебное пособие. – М.: Издательство стандартов, 1990. 287 с., ил.
  - 25 J. Fraidan. Handbook of modern sensors – New York: Springer-Verlad, Inc. – 2004;
  - 26 Качин С.И. Чернышев А.Ю., Качин О.С. Автоматизированный электропривод: учебно-методическое пособие. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 162 с.
  - 27 Шишмарев В.Ю. Основы автоматического управления: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 352 с.
  - 28 Муромцев Ю. Л., Муромцев Д. Ю. Основы автоматики и системы автоматического управления: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2008. – 96 с.
  - 29 Иванова Г. В. Автоматизация технологических процессов основных химических производств: Методические пособие. Часть 1 / СПбГТИ (ТУ) – СПб., 2003. – 70с.
  - 30 Ahlersten Krister. An Introduction to Matlab, 2nd ed. — Stockholm,

2015. — 118 p.
- 31 Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс.- СПб.:Питер;Киев:Издательская группа BHV,2005.-512 с.
  - 32 Данилов А.И. Компьютерный практикум по курсу «Теория управления». SIMULINK – моделирование в среде MATLAB. Учебное пособие. –М.: МГУИЭ. 2002.
  - 33 Bode H. Matlab-Simulink: Analyse und Simulation dynamischer Systeme, 2. - Vollständig uberarbeitete Auflage. Vieweg+Teubner, 2006. 304 p.
  - 34 Bower A.F. Dynamics and Vibrations. MATLAB tutorial, - School of Engineering Brown University, 2011. — 49 pag.
  - 35 Chau Pao C. Chemical Process Control: A First Course with MATLAB, - San Diego: University of California, 2001. - 255 p
  - 36 Кангин В.В., Козлов В.Н. Аппартные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры: учебное пособие– М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 418 с.: ил.
  - 37 Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 608 с., ил.
  - 38 Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами – СПб: Профессия, 2009 – 592 с.
  - 39 W. Bolton. Programmable Controllers, Fourth edition - UK: Department in Oxford, 2006;
  - 40 J. Park, S. Mackay, E. Wright. Practical Data Communications for Instrumentation and Control. - Australia: IDC Technologies, Perth, 2003;
  - 41 Sen S.K. Fieldbus and Networking in Process Automation. - CRC

- Press, Taylor & Francis Group, 2014. 461 p. 294 Illustrations
- 42 Т.А. Пьявченко. Проектирование АСУТП в SCADA-системе: учебное пособие по техническим дисциплинам «Автоматизированные информационно-управляющие системы» и «Интегрированные системы проектирования и управления». – Таганрог, 2007.
  - 43 М.В. Сухарев. Основы Delphi. Профессиональный подход — СПб.: Наука и Техника, 2004. — 600 с.: ил.
  - 44 GOST 34.601-90. Information technology. Set of standards for automated systems. Stages of development.
  - 45 GOST 24\_302-80 System of technical documentation for computer control systems. General requirements to schemes making.
  - 46 <https://en.wikipedia.org/> - on-line encyclopedia.
  - 47 <https://www.siemens.com/> / - web pages of products company Siemens
  - 48 <http://www.emersonprocess.com/> - web pages of products company Emerson: Metran and Fisher.
  - 49 <https://www.arduino.com/> / - web pages of products company Arduino.
  - 50 <https://www.owen.ru/> / - web pages of products company ОВЕН.



# Appendix 1



EXPLICATION OF THE EQUIPMENT	
Mark	Name
I	Compressor of heat pump
II	Separator
III	Condenser
IV	Extract heater

- 1 - miscella
- 2 - gas-extractant
- 3 - extractant
- 4 - fluid extractant
- 5 - gas active agent
- 6 - fluid active agent

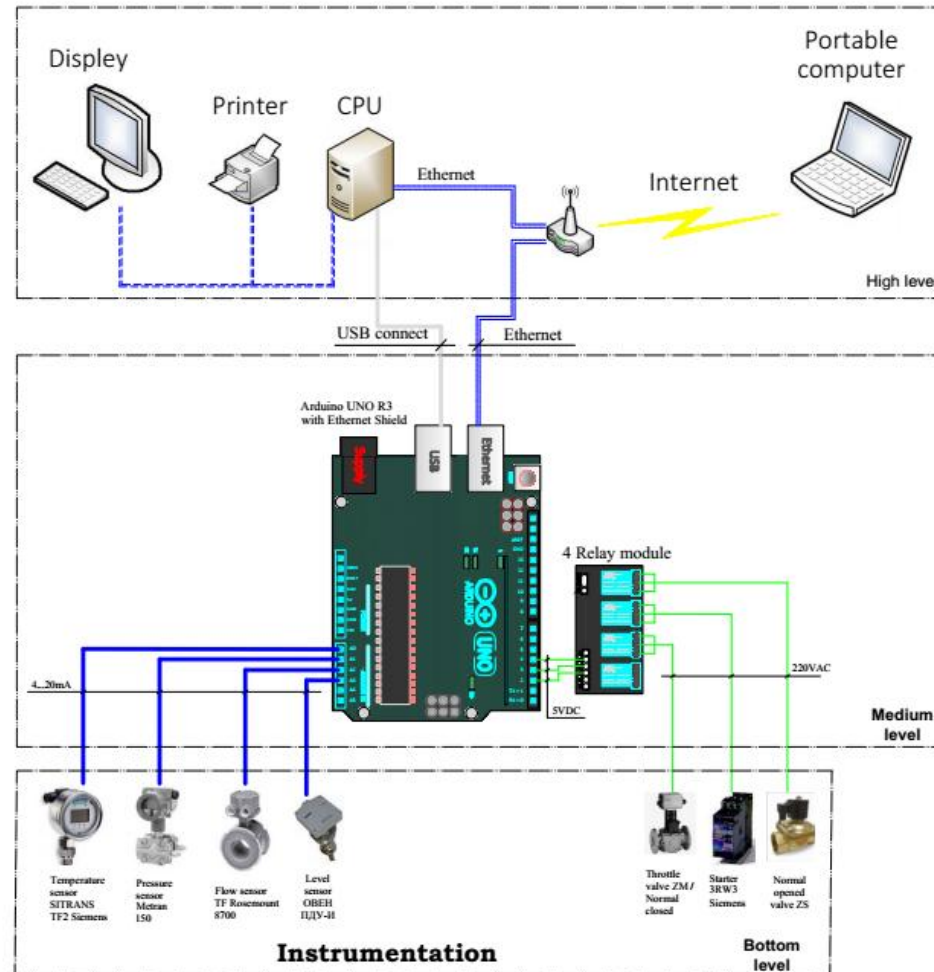
		1 0.01 kg/s	2	3 38.85 °C	4 2 - 25 L	5	6 1.55 MPa	7
Field Instruments		FI 1-1		TI 2-1	LI 3-1	LI 4-2	PI 4-1	PI 4-2
Instruments on board			TI 1-1					
PLC: Arduino Uno R3 (1-2)	measurement	•	•	•	•	•	•	•
	open-close (start-stop)	•	•	•	•	•	•	•
	manipulated variable							
	alarm	•	•	•	•	•	•	•
AWS (1-3)	indexing							
	indication			•			•	
	registration	•		•	•		•	
	alarm	•		•	•		•	
	print	•		•	•		•	

Specification for measuring devices and automation means

№ pos.	Measuring Parameter	Characteristic of measured unit	Installation place	Name and characteristics of automation means	Type	Amount	Producer-factory	Note
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1	Miscella consumption regulation	Fluid Aggressive media; t=32-35°C	Pipeline at the inlet to the separator	Electromagnetic flow meter. Output signal 4-20 mA; Speed range of measured media flow from 0,3 to 10 m/s Pressure of measured media 0,05...15 MPa; Inaccuracy ±0,25 %.	Rosemount 8700	1	«Metran» Russia	
1-2			CPU	Programmable logical controller, Operating voltage 5V, Analog inputs 6 pcs, 4...20mA, digital outputs 14.	Arduino Uno R3	1	«Arduino» Italy	
1-3			CPU	Processor Intel Core i7, 2.5GHz, RAM DDR3 6 Гб, OS Windows 10, monitor 19”	PC	1	«ASUS»	
1-4			On the panel	Starting device. 6.5A, 1,5кW/250 V, rated operation voltage U <sub>e</sub> 200-480 VAC, nominal voltage of control circuit U <sub>s</sub> 110-230V AC/DC, terminal screws.	3RW30141 BB14	1	«Siemens» Germany	
2-1	Temperature measurement in the separator	Fluid; Aggressive media; t=32-35°C	Separator	Measuring temperature transducer. Output signal 4-20 mA Measuring range: from -50 to +200 °C; Inaccuracy 0,2 %	SITRANS TF2	1	«Siemens» Germany	
3-1	Level regulation	Fluid; aggressive	Separator	Floating level sensor with	ПДУ-И	1	«Oven»	

	in separator	media; t=32-35°C		analog output signal 4...20 mA, Level measuring range, from 0 to 300 мм, Temperature of actuating medium is from - 60 до +125 °C; Pressure of actuating medium is not more than 10 MPa, Additional measurement inaccuracy from temperature for 10 °C, is at least 0,2 %			Russia	
3-2			Pipeline at the inlet to the separator	Universal valve with translational current movement.	BAUMAN N 24000SVF	1	«Fisher»	
4-1	Pressure regulation	Fluid; Aggressive media; t=30°C	On the pipeline	Pressure sensor, Measure range from 0,025 кPa to 68 MPa; Output signal: 4-20 mA; Inaccuracy ±0,075%;	Metran-150	1	«Metran» Russia	
4-2			On the pipeline	Switch-off throttle valve with electric drive STA, Nominal valve pressure: 0,6 – 1 MPa; Operating temperatures range: - 40 °C...+70 °C; Power supply: 220-230 V (only for valve opening and locking) Valve openings/valve lockings: electric, time 12 s; Media: natural gas, biogas, hydrogen, ammonia etc	ZM	1	«GAZEX» Poland	

### The architecture of ICS





**МУНДАРИЖА**

<b>Бухоро муҳандислик-технология институти: тарихи ва истиқбол</b>	
Ваҳидов М.М. Бухоро муҳандислик-технология институтининг бетакрор, мумтоз ва замонавий архитекстуравий ансамбли.....	4
<b>МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА</b>	
Усмонов А.У., Сафаров А.Ф., Халимов Р.Р. Юкори босим остида даврий тасир этиладиган экстракция технологиясига линиясини бошқариш.....	15
Шомуродов Т.Р., Ибрагимов Р.Р. Қишлоқ хўжалиқ маҳсулотлари чиқиндиларини қайта ишлашнинг истиқболлари.....	18
Гафуров К.Х., Муҳаммадиев, Б.Т., Мирзаева Ш.У. CO <sub>2</sub> – экстракция: муаммо ва истиқболлар.....	22
Сафаров И.И., Аҳмедов М.Ш., Нуриддинов Б.З. Идеал суюқлик оқаётган тарондал қобикнинг чизикли тебранишлари .....	27
Жўраев Ф.Ў., Қаримов Ғ.Х. Интенсив боғларни тупроқ остидан сугориш техника ва технологияси.....	33
Абидов К.З. Говак деворни қувур бўйлаб оқаётган қовушқоқ аралашманинг пульсацияланувчи ҳаракатини сонли ечишда ўзгарувчан йўналишлар усулини қўллаш ҳақида .....	40
Қаҳҳаров М.М. Ўзбекистон Республикаси электр тармоқларида энергия тежашнинг доллар муаммолари .....	49
Гафуров Б.К., Меҳмонон И.И. Иссиқлик насоси – ностационар иссиқлик энергиясининг манбаи сифатида .....	52
Жалилов Р.Б., Муҳамедов М.М., Ҳақиев Ф.А. Ўзбекистон Республикаси истисодиётида энергия тежамкорлиги тадбирларини қўллаш ҳақида .....	57
<b>ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР</b>	
Нарзиев У.З., Шарипова Н.А., Раббонаева М.Ю. Web фойдаланувчиларини аутентификациялаш.....	65
<b>НЕФТ – ГАЗ, КИМЁ САНОАТИ</b>	
Мукольянц А.А., Дубровец Л.В. Янги ионли полимерлаш воситасида ишлаб чиқаришдаги оқва сувларни тозалаш технологиясининг ўзига хос томонлари .....	69
Исмаилов Н.А., Юлдашева Ш.Ж. Сули донидан пархезбол ун олиш учун технологик жараённинг оптимал режимларини аниқлаш.....	75
Раҳимова Г.Х., Тураев Э.Ш., Ражабова В.Э., Хантов Р.А. Донни қайта ишловчи ишлаб чиқаришдаги иккиламчи маҳсулотларнинг тадқиқотлари .....	80
Махмудов М. Ж., Нарметова Г. Р. Автомобил бензинидан бензолни ажратиб олиш усулини тавлаш .....	85
Бабаев С.Д., Эргашева Х.Б., Ражабова В.Э. Доннинг янчилиш хусусиятларини яқинлаш.....	89
<b>ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИХОЗЛАРИ</b>	
Қурбонов Ф.А., Турсунова Г. Ёқубов Ж.И., Худойбердиев М. Р. Тикувчилик ишлаб чиқаришда технологик машиналарни титрашдан ҳимоялаш усуллари.....	96
Раҳмонов Х.Қ., Қодирова Д.Х. Пахта хом ашёсини тақсимловчи шпек конвейер механизми машина агрегати динамикасининг таҳлили.....	100
Олимов Қ.Т., Муҳамедова М. Ортопедик пойабзал устки деталларини бириктирувчи тикув машиналарининг ўзига хос хусусиятлари.....	107
Узоқова Л.И., Файзиёв С. Тикувчилик сановатида титрашларни камайтувчи материаллар.....	111
<b>АНИҚ ВА ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАҲЛАР</b>	
Diána A. European strategy for the development of the danube region-priorities of the university of Ruse, Bulgaria.....	115
Тлеужанова М.А., Учқамширова А.Б. Тадбиркорлик фаолиятини бошқариш .....	118

-универсальность программы, т.е. возможность применения программы при любых конфигурациях схемы РС;  
 -автоматическое получение аналитических данных по электроэффективности РС;  
 -информативность результатов расчета. Автоматически анализируются тысячи исходных и расчетных данных фидера.

**Список литературы:**

1. Садуллаев Н.Н., Каххаров М.М., Сафаров Ё.Т. Программа для ЭВМ «Энергетический баланс». – Государственное патентное ведомство Республики Узбекистан. – Свидетельство № DGU 01247, 19.02.2010

*Каххаров Мурад Мухторович – старший научный сотрудник кафедры «Электротехника». Тел.: (+99891) 448-74-29(с), E-mail: navmad@mail.ru.*

**ТЕПЛОВОЙ НАСОС В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**

**Гафуров Б.К., Мехмонов И.И.**

**Бухарский инженерно-технологический институт**

*Мақолада иссиқлик насосларининг иқлим ва уларни эътиборга олишда қиларган хизматлари иссиқлик баланси тасвирини ҳамда эълан-овдат мақсудларини қўришни эътиборга олганда қўлдан келадиганлиги таъкидланади. Ушбу эътиборларда иссиқлик насосларини постационир иссиқлик энергияси манбаи сифатида иттиқодий самарадорлиги кўрсатилади.*

*Таблицы илборатлар: муқобил энергия манбаълари; иссиқлик насоси; конденсатор; буғилаткич; компрессор; иссиқлик релаксацион вентиль; иссиқлик насосининг эълан-овдат коэффициент; суюқ селитра ва агами.*

*В статье анализированы принципы работы теплового насоса и принципы его использования в процессах снабжения помещений тепловой энергией и в процессах сушки пищевой продукции. Показана экономическая эффективность использования теплового насоса в качестве источника нестационарной тепловой энергии в вышеуказанных процессах.*

*Ключевые слова: альтернативные источники энергии; тепловой насос; конденсатор; испаритель; компрессор; терморегулирующий вентиль; коэффициент преобразования теплового насоса; жидкий хладагент.*

*The article analyzed principles of operation of the heat pump and the principles of its use in processes of supply the premises of thermal energy and drying processes the food products. It shows the economic efficiency of the heat pump as a source of non-stationary heat in the above processes.*

*Keywords: alternative energy sources; heat pumps; condenser; evaporator; compressor; thermostatic expansion valve; the conversion factor heat pump; the liquid refrigerant.*

**В** настоящее время со стороны Президента и Правительства Республики Узбекистан большое внимание уделяется использованию в производственных и бытовых целях альтернативных источников энергии. Об этом свидетельствует Указ Президента РУз №43/2013 от 01.03.2013 г. «О мерах по дальнейшему развитию альтернативных источников энергии».

Здесь можно рассмотреть две проблемы использования альтернативных источников энергии: 1) при обеспечении тепловой энергией жилых и производственных помещений и 2) при проведении технологических процессов.

Снабжение жилых домов и производственных помещений тепловой энергией всегда была актуальной и дорогостоящей проблемой. Особенно это актуально в наше

время, когда ощущается дефицит в традиционных энергоресурсах. Одним из решений этой проблемы является установка на территории дома или производственного участка в качестве источника тепловой энергии теплового насоса.

Энергетические затраты на осуществление тепло-массообменных процессов в первичной обработке сырья и производстве пищевых продуктов составляют 70% от общей затрачиваемой энергии. В основном это процессы сушки и консервирования сельскохозяйственного сырья. Недостаточно в этих производственных сферах, используется сбросное тепло, а использование солнечной энергии с применением теплового насоса отсутствует в производстве. При этом особое значение приобретает широкое использование и автоматизированное управление работой тепловых насосов как стационарного источника тепловой энергии [1].

Тепловой насос (англ. *heat pump*) – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой (рис.1.) [2].

Термодинамически тепловой насос представляет собой обращенную холодильную машину. Если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель – теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии [3].

Тепловой насос вырабатывает энергию из природных ресурсов, таких как вода, почва или воздух (рис.2) [4]. Эта энергия преобразовывается из электрической в тепловую энергию в соотношении до 1:5. Это соотношение называется коэффициентом преобразования теплового насоса – отношением теплопроизводительности к электропотреблению - зависит от уровня температур в испарителе и конденсаторе и колеблется в различных системах в диапазоне от 2,5 до 5, то есть на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит от 2,5 до 5 кВт тепловой энергии.

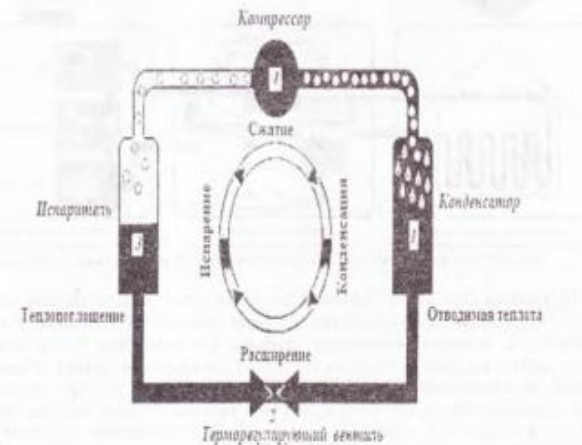


Рис.1. Схема компрессионного теплового насоса

1-конденсатор; 2-дрозсель; 3-испаритель; 4-компрессор.

Увеличение энергии формируется путём увеличения давления достигаемого электрическим приводом компрессора. Температурный уровень теплоснабжения от тепловых насосов 35-65°C. Экономия энергетических ресурсов достигает до 70 %. Промышленность технически развитых стран выпускает широкий ассортимент парокомпрессионных тепловых насосов тепловой мощностью от 5 до 1000 кВт [2].

В качестве теплового источника такие насосы используют солнечную энергию, накапливаемую в земной поверхности, и с помощью системы пластиковых труб, укомплектованных теплоносителями, данная энергия собирается геотермальным насосом. Затем она уже поступает в помещения. В результате мы получаем не только универсальную, но и дешевую, экологически чистую систему отопления и горячего водоснабжения.

В Швеции 50 % всего отопления обеспечивают тепловые насосы. В Стокгольме 12 % всего отопления города обеспечивается тепловыми насосами общей мощностью 320 МВт, использующими как источник тепла Балтийское море с температурой + 8° С. В Германии предусмотрена дотация государства на установку тепловых насосов; в Японии ежегодно производится тепловых насосов около 3 млн. шт., а в США - около 1 млн.шт.; в мире, по прогнозам Мирового Энергетического Комитета, к 2020 году доля тепловых насосов в теплоснабжении составит 75% [4].

Схема выработки теплоты с помощью грунтового (геотермального) теплового насоса показана на рис.3 [5].

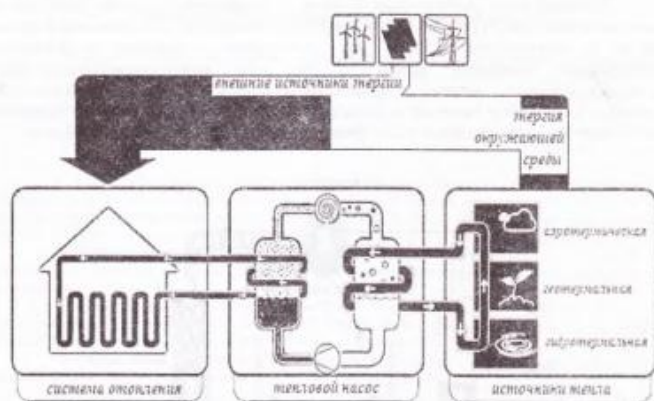


Рис.2. Схема выработки энергии тепловым насосом из различных природных ресурсов

Принципиально новой системой обогрева дома можно назвать отопительную систему с применением геотермальных тепловых насосов для отопления. Такие насосы – это сложные и высокотехнологичные приборы для отопления и кондиционирования, принцип работы которых основан на последних достижениях физики и термодинамики. Основной отличительной чертой таких систем является то, что тепло забирается непосредственно из земли или воздуха, без сжигания какого-либо топлива. Электричество используется только для прокачки теплоносителя. Современные тепловые насосы для отопления расходуют не более 2,5 кВт/час электроэнергии для получения 10 кВт тепла.

Главными составными частями являются компрессор, система капилляров, испаритель и конденсатор. Герметичные трубы достаточно большого диаметра опущены в землю на глубину нескольких десятков метров, где температура грунта и подземных вод в любую пору года не ниже 10 °С. С помощью насоса или без него жидкость свободно циркулирует в контуре. Фреон находится в капиллярах, окруженных трубами с циркулирующим теплоносителем. Посредством специального расширительного вентиля они соединены с системой труб гораздо меньшего диаметра, которые соединяются с конденсатором. Конденсатор, в свою очередь, посредством теплообменника соединен с отопительным или водогрейным контуром. Жидкости в системе отопления и системе теплообразования не контактируют.

Газ, в большинстве конструкций фреон, нагнетается компрессором в трубы большего диаметра, выполнившими функцию испарителя, расширяется и сильно охлаждается. При этом он интенсивно забирает тепло из земли. Поступая через вентиль из компрессора в зону сжатия, газ конденсируется до состояния жидкой фазы и стремительно нагревается. Температура конденсата может достигать 130°C. В таком режиме глубинное тепло земли обогревает помещения на поверхности. Система работает согласно обратному циклу Карно. Если в наличии реверсивный клапан, то возможна работа в режиме кондиционирования, то есть тепло забирается с поверхности и отдается земле при испарении хладагента.

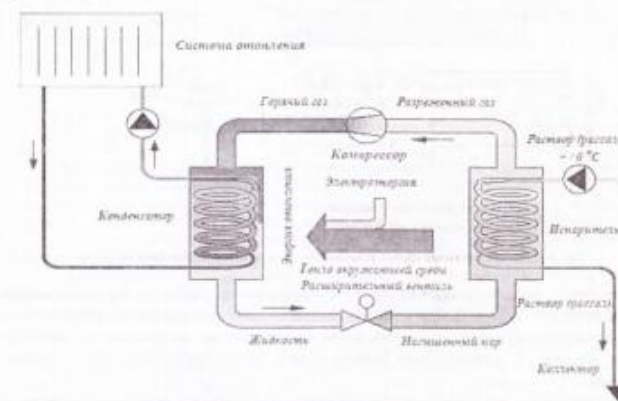


Рис.3. Схема работы грунтового теплового насоса

На промежутке между компрессором и грунтовыми трубопроводами устанавливается коллектор для теплового насоса, позволяющий распределить жидкий теплоноситель в контуры, лежащие на разной глубине и в разные петли, расходящиеся по горизонтали в толще земли. Установленная на насосах автоматика отключает компрессор или включает его в зависимости от заданной температуры в помещении. Принципиальная схема теплового насоса практически одинакова у всех производителей.

Применение тепловых насосов в процессе сушки заметно возрастает, на мировом рынке появляются многочисленные установки, предназначенные для этих целей [1].

Применение теплонасосных установок (ТНУ) открывает перспективы повышения энергетической эффективности сушильных устройств. На рис.4. показана принципиальная

схема теплонасосной сушильной установки с воздушным теплообменником-рекуператором [1].

Рабочее тело всасывается компрессором 1, сжимается до давления конденсации  $P_k$  и направляется в конденсатор 7. Конденсируясь, оно отдает теплоту сушильному агенту, а затем направляется в регулирующий вентиль 2, где дросселируется до давления  $P_0$ . С этим давлением рабочее тело поступает в испаритель 3 и испаряется за счет теплоты отработанного сушильного агента (воздуха), который охлаждается ниже точки росы и при этом осушается. Отделение выделившейся влаги происходит во влагоотделителе (сепараторе) 4, после которого воздух попадает в теплообменник-рекуператор 5. Здесь происходит его предварительный нагрев. Затем воздух направляется в конденсатор 7 теплового насоса и нагревается до требуемой температуры, с которой он вентилятором 8 подается в сушильную камеру. Отработанный сушильный агент проходит через теплообменник 5, где за счет его теплоты происходит предварительный нагрев воздуха и далее поступает в испаритель 3, охлаждается, осушается и цикл повторяется.

Применение воздушного теплообменника-рекуператора снижает нагрузку на конденсатор теплового насоса, что повышает энергетическую эффективность установки.

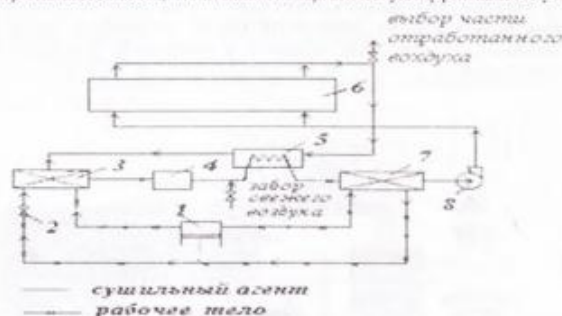


Рис.4. Принципиальная схема сушильной установки с тепловым насосом:

1- компрессор; 2- регулирующий вентиль; 3- испаритель рабочего тела (охладитель и осушитель воздуха); 4- сепаратор (для отделения сконденсированного из воздуха пара); 5- теплообменник-рекуператор (для предварительного нагрева поступающего воздуха); 6 - сушильная камера; 7- конденсатор рабочего тела (основной нагреватель воздуха); 8- вентилятор.

Теплонасосные установки могут работать в режиме полной рециркуляции или с выбросом части отработанного воздуха. В некоторых схемах («разомкнутых по воздуху») отработанный сушильный агент поступает в испаритель, а в конденсаторе нагревается только наружный воздух, поступающий затем в сушильную камеру.

Резюмируя можно утверждать, что использование теплового насоса в процессах снабжения тепловой энергией помещений или в технологических теплообменных процессах, таких как сушка и выпаривание, является экономически эффективной, так как коэффициент преобразования теплового насоса достигает значения 5, то есть на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит до 5 кВт тепловой энергии. При проведении автоматизации работы теплового насоса процесс становится еще более экономной, т.к. установленная на тепловых насосах автоматика регулирует работу компрессора в зависимости от заданной температуры в помещении или в технологическом аппарате.

Список литературы.

1. Сафаров А.Ф., Гафуров К.Х., Хикматов Д.Н., Холиков А.А. Энергоресурсосберегающие технологии при переработке плодов и овощей (монография) – Бухара: «Дурдона», 2013.- 247 с.
2. Макмайк Д., Реб Д. Тепловые насосы. -М.: Энергондарт, 1982. -218 с.
3. Соколов Е. Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения.— М.: Энергондарт, 1981. — 320 с.
4. IEA Heat pump center. Informative Fact Sheet. HPC-IF32, January, 2002.
5. www.in.esco.co.uk /сайт журнала «Тепловые насосы».

Гафуров Бехруз Карим угли – магистрант гр. М 9-14 ТЖБАКТ, Бухарский инженерно-технологический институт.Тел.: +99897 7091617, E-mail: gafurov\_bk@bk.ru

Мехмонов Илхом Исламович – кандидат технических наук, доцент, Бухарский инженерно-технологический институт, доц. кафедры «Информационно-коммуникационные системы управления технологическими процессами» Тел.: +99893 6531012, E-mail: ijbakt@mail.ru

О ВНЕДРЕНИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ЭКОНОМИКУ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Жалилов Р.Б., Мухамедов М.М., Хаккиев Ф.А.

Бухарский инженерно - технологический институт

*Иттифоқий шаклда энергия тежаскорлигини таъминлашга асос бўлган тадбирлар маълум қилиниб, бу бордадаги харажатни минималлаштиради аниқ борилатган йўналишларни маълум қилилади. Санъатнинг турли соҳаларидаги технологияларда электрэнергияни тежасли ишлатишлари баҳолади. Электр таъминотидаги ишончлигини оширишни энергия тежаскорлигини таъин қилиш асосиди аниқла ошириш таклифи қилинган. Ушбу масалани ҳал қилиш учун асосий йўналишлари баён қилинган.*

**Тилчи иборатлар:** қайта тикландисан ресурслар, энергомонтажлар, энергия талаб чикратиш ва энергия истеъмолчи масалалари бўлиши мезърий ҳужжатлар, координация, энергетик объекларни ҳусулайтириши, деросталиш, инвестицион фаолит, электрэнергетикани интернациализириши, мерооудит.

*Проведен анализ мероприятий, являющихся основой обеспечения энергосбережения в экономике, проведено исследование мероприятий, проводимых в этом направлении в зарубежных странах. Оценены возможности экономии электроэнергии в технологических процессах в различных отраслях промышленности. Предложено осуществлять повышение надежности электроснабжения на основе исследования энергосбережения. Изложены основные направления для решения данной задачи.*

**Ключевые слова:** возобновляемые ресурсы, энергокомпания, нормативные акты по вопросам электроснабжения и меропотребления, координация, приватизация энергетических объектов, дерегулирование, инвестиционная деятельность, интернационализация электроэнергетики, мерооудит.

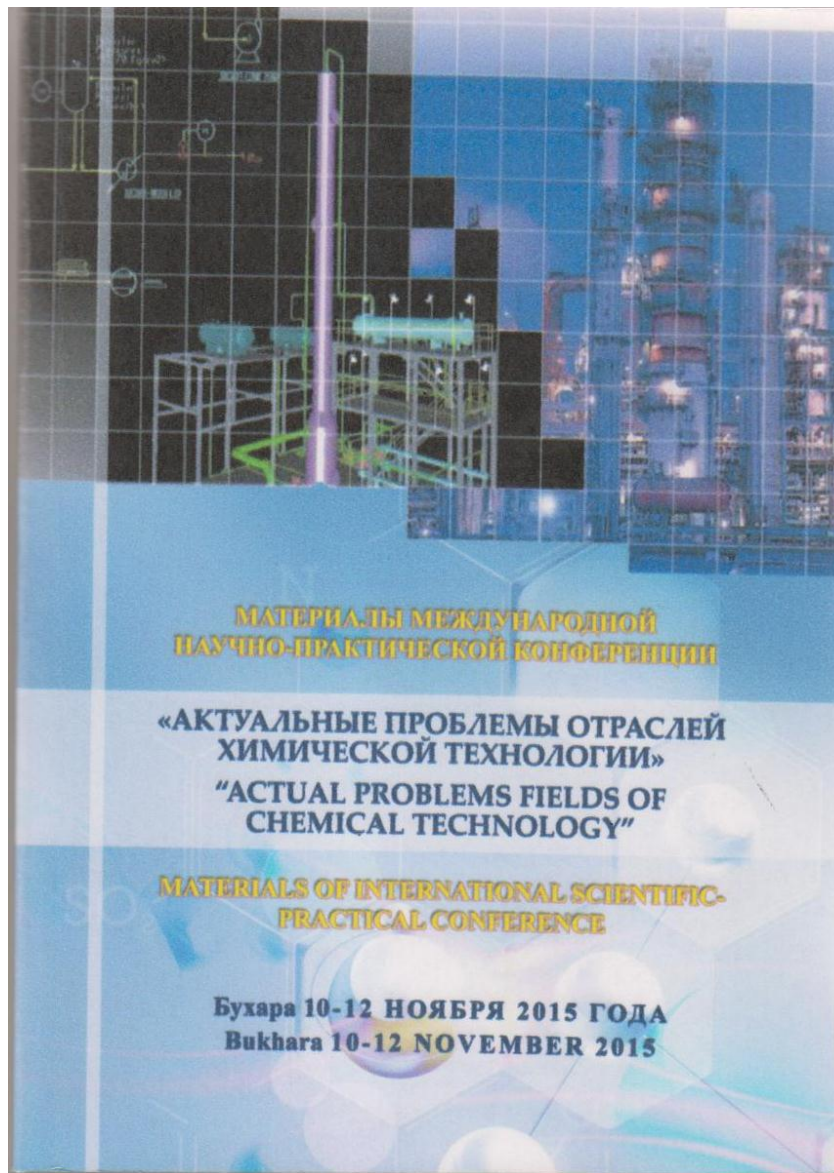
*The analysis of the actions which are a basis of maintenance energy saving in economy is carried out, research of the actions spent in this direction in foreign countries is made. Possibilities of economy of the electric power in technological processes in various industries are estimated. It is offered to carry out increases of reliability of electrosupply on the basis of research energy saving.*

*The basic directions for the decision of the given problem are stated.*

**Key words:** renewable resources, the power companies, statutory acts on questions manufacture energy and consumption energy, coordination, privatization of power objects, decontrol, investment activity, internationalization the electric power industry, power audit.

**В** условиях ожидаемого роста показателей экономики Узбекистана, исходя из возможностей электроэнергетического производства (ЭЭП), при качественном





ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛАБОГО ФЕРРОМАГНЕТИКА FeBO <sub>2</sub> :Mg Ф.Ф.Рахимов .....	65
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕПЛООБМЕННИКЕ Ш.И.Файзиёв, У.М.Ибрагимов, Б.К.Гафуров .....	66
СИНТЕЗ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ФТАЛИМИДОМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОЖИ А.А.Хайдаров, Н.У.Шарипова, Г.Р.Назарова, Х.А.Хайдарова .....	68
ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ Н.У.Умарова, Г.Б.Азизова .....	70
ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ХИМИИ А.Ф.Шарипова, А.М.Порова .....	72
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ М.Джалолова, М.Сулаймонова .....	75
МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ, КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ОБЩЕЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ Г.Хасанова, Н.Мухаммедова .....	77
ИНТЕРАКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК НОВЫЙ ПОДХОД ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА Д.Абдуллаева, Н.Махмудова .....	78
О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ А.Шарипова, Д.Абдуллаева .....	80
ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГОРЮЧЕГО НА ПАРАМЕТРЫ ФАКЕЛА Ш.С.Йулдошев, Д.Наврузов .....	82
КИМЁ КЕЧА ВА БУГУН Д.О.Гафуров, М.О. Гафуров .....	84
АМАЛИЙ МЕХАНИКА ДАРСИНИ УТИШДА ЗАМОНАВИЙ КОМПЮТЕР ВОСИТАЛАРИНИ ҚУЛЛАШ М.Б.Набиев .....	86
УПРАВЛЕНИЕ БАЗАМИ ДАННЫХ Ш.С.Йулдошев, Ш.И.Раззаков, Д.Наврузов .....	87
АЛКИМЕДАН ИЛИНИ КИМЁГАЧА М.Т.Гуламова, З.М.Бердиева, Т.Г.Рахимова .....	89
ФАОЛ ТАЪЛИМ ОЛИШ УСУЛЛАРИ М.Т.Гуламова, Г.Т.Топева, Т.Г.Рахимова .....	91
СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ИНЖИРА Р.Х.Шамсиев, Н.А.Азизова .....	93
ЦЕНТРУС ЎСИМЛИКЛАРИНИ КУЗГИ ҚИШКИ МАВСУМДА НАРВАРИШЛАШ Н.А.Азизова .....	94
КРАХМАЛ ВА МОДИФИКАЦИЯ ЛАНГАН КРАХМАЛ ХОССАЛАРИНИ ТАККОСЛАШ Ж.Жумаев, З.Рахимов, М.Шаропов .....	95
ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ (II) М.М.Каримов, М.З.Шарипов, З.М.Каримова .....	98
УПРАВЛЯЕМЫЕ ДОМЕННЫЕ СТРУКТУРЫ В ВИСМУТ СОДЕРЖАЩИХ МАГНЕТИКАХ Д.Э.Хайитов .....	100
КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИ ЎҚИТИШДА ЭЛЕКТРОН ТАЪЛИМ РЕСУРСЛАРИДАН Фойдаланиш З.Р.Муродова, Ф.Р.Муродова .....	102
ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН Б.А.Азизов .....	104
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКАХ ХИМИИ У.М.Ибрагимов, Х.Б.Исмойилов .....	105
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВЕБИНАРОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ Л.Р.Джурасва, Д.Д.Джурасва .....	106
О СОВМЕСТНОМ ПРОВЕДЕНИИ WEB-СЕМИНАРОВ МЕЖДУ ВЫСШИМИ УЧЕБНЫМИ ЗАВЕДЕНИЯМИ Л.Р.Джурасва, Д.Д.Джурасва .....	107
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ М.З.Ашурова .....	109
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВОЛОКОН НА СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ М.З.Ашурова, Ш.Ж.Юлдашева .....	111
СВОЙСТВА КОЛЛАГЕНА Л.Э.Махмудов, Н.И.Алиева, М.С.Норова .....	114
СВОЙСТВА ПИКЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ Л.Э.Махмудов, З.М.Каримова, М.С.Норова .....	116
ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ПИКЕЛЕВАНИЯ, КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА Л.Э.Махмудов, М.М.Каримов, М.С.Норова .....	119
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЧАСТИЦ КЛИНКЕРА ЦЕМЕНТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ ОТ СТЕПЕНИ ПОМОЛА Ф.Ф.Рахимов .....	121
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ Н.З. Азизова .....	123
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕНТОНИТОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ВЫСОКОЦВЕТНЫХ СЫРЫХ ХЛОПКОВЫХ МАСЕЛ М.Б.Камалова, Ф.Б.Ашуров, К.Р.Хужакулов, О.Мусаев .....	124
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИИ АДсорбЕНТОВ ИЗ МЕСТНЫХ ГЛИН ПРИ ОТБЕЛКЕ ХЛОПКОВЫХ МАСЕЛ С.А.Абдурахимов, М.Б.Камалова, Ф.Н.Ашуров, Н.Нафидинова .....	126
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТБЕЛКИ ХЛОПКОВОГО МАСЛА ИЗ МЕСТНЫХ АДсорбЕНТОВ С.А.Абдурахимов, М.Б.Камалова, Р.Н.Ниязова, Б.Хайдаров .....	128
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ТУАЛЕТНОГО МЫЛА ИЗ ПОДСОЛЕННЫХ САЛОМАСОВ Ф.Б.Ашуров, О.Х.Панжиев, К.Р.Хужакулов, С.Незьматова .....	130

пространственного распределения магнитного параметра порядка в низкосимметричных кристаллах имеющих магнитную анизотропию типа «легкая плоскость».

В эксперименте использовался образец монокристалла  $\text{FeBO}_3:\text{Mg}$  (толщина ~ 60 мкм, поперечные размеры ~ 3 мм, развитые плоскости – параллельны плоскости (111), содержащие ионы  $\text{Mg}$  ~ 1 вес.%), на котором были выполнены все исследования ММС. Эксперименты проводились при  $T=80$  К.

Кроме визуального наблюдения ДС и ее эволюции под действием внешнего магнитного поля и изменения температуры для решения стоящих в диссертации задач были проведены исследования процесса намагничивания и связанных с ним магнитных характеристик кристалла  $\text{FeBO}_3:\text{Mg}$ . Основные сведения о магнитных характеристиках кристалла извлекались из результатов исследований нечетного по отношению к инверсии направления вектора намагничивания магнитооптического эффекта – эффекта Фарадея. В экспериментах исследовались петли гистерезиса магнитооптического сигнала  $F(H)$ , наблюдаемые при квазистатическом режиме намагничивания при перемагничивании образца с частотой  $25 \pm 95$  Гц, а также температурная зависимость магнитооптической восприимчивости  $\partial F/\partial H(T)$ , измеряемая в переменном магнитном поле.

Исследования МЛД были выполнены в интервале температур  $80 \leq T \leq 290$  К на лазерной длине волны  $\lambda = 0,63$  мкм. Для намагничивания образца использовалось постоянное магнитное поле напряженностью  $H \leq 50$  Э (во всех экспериментах вектор  $\mathbf{H}$  лежал в плоскости (111) кристалла). Измерения величины МЛД проводились при нормальном падении света на плоскость образца. Величина МЛД определялась при помощи фазового компенсатора (пластинки  $\lambda/4$ ) по методу использующей модуляцию азимута плоскости поляризации падающего на фотоприемник света.

Проведенные нами исследования показали, что в температурной области выше температуры перехода кристалла в модулированное магнитное состояние (при  $T > T_c$ ) вид зависимости  $\psi$  практически не менялся при изменении направления вектора  $\mathbf{H}$  в плоскости (111). В то же время при  $T < T_c$  зависимости  $\psi(H)$ , наблюдаемые при разной ориентации намагничивающего поля, значительно различались.

Таким образом, выполненные исследования позволили установить пространственную ориентацию параметра магнитного порядка в ММС  $\text{FeBO}_3:\text{Mg}$ , подтверждающую сделанное в [4,6] предположение относительно структуры модулированного магнитного состояния этого кристалла в модулированном магнитном состоянии локальные векторы  $\mathbf{m}_i$  не выходят (так же как и в однородной магнитной фазе) из плоскости (111), а их азимут описывается периодической функцией от пространственной координаты вдоль направления, перпендикулярного оси  $C_{111}$ .

Показано, что используемая теоретическая модель позволяет непротиворечиво описать (на качественном уровне) всю совокупность экспериментальных результатов, полученных при изучении модулированной магнитной фазы кристалла  $\text{FeBO}_3:\text{Mg}$ .

#### Литература

1. Л.Н. Ниязов, Б.Ю. Соколов Магнитооптические исследования доменной структуры гомогенного феррита-граната вблизи температуры магнитной компенсации // Узбекский физический журнал – 2011. – Т. 56. – С. 410-415.
2. Л.Н. Ниязов, Б.Ю. Соколов Магнитный ориентационный фазовый переход в двухосно-направленном монокристалле  $\text{Nd}_2\text{Y}_2\text{Fe}_2\text{O}_{12}$  // ФТТ. – 2012. – Т. 54. – В. 6. – С. 1106 – 1111.
3. Изюмов Ю.А., Найш В.Е., Озеров Р.П. Нейтронография магнетиков. – М: Атомиздат. – 1981.
4. Караев А.Т., Соколов Б.Ю., Федоров Ю.М. Индуцированная магнитная сверхструктура в ферромагнетике  $\text{FeBO}_3:\text{Mg}$  // ФТТ. – 2000. – Т. 42. – В. 11. – С. 2036 – 2041.
5. Азаматов З.Т., Караев А.Т., Соколов Б.Ю., Федоров Ю.М. Модулированная магнитная структура слабого ферромагнетика  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3:\text{Ga}$ . // ЖТФ. – 2001. – Т. 71. – В. 3. – С. 84 – 87.

#### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕПЛООБМЕННИКЕ

Файтнев Ш.Н., Ибрагимов У.М., Гафуров Б.К.  
Бухарский инженерно-технологический институт, shavkatfayz@rambler.ru

Объектом управления является теплообменник с электрическим обогревом. Теплообменники используются для подогрева различных жидкостей в химической промышленности. В схеме управления предусмотрено управление температурой теплового агента подаваемого в теплообменник. Для измерения температуры экстраганта в теплообменнике установлен термопреобразователь сопротивления типа LM.

Аналоговый сигнал с выхода датчика температуры подается на вход микроконтроллера. В схеме управления процессом выбран микропроцессорный микроконтроллер типа Arduino. Микроконтроллер вырабатывает управляющий сигнал, который через магнитный пускатель переключает тепловые электронагреватели.

На рис. 1 показана схема системы автоматического регулирования температуры в теплообменнике.

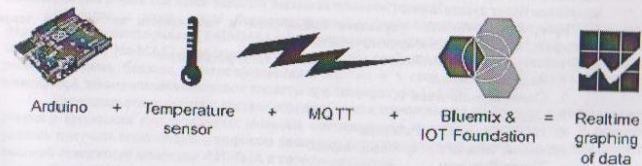


Рис. 1. Схема системы автоматического регулирования температуры в теплообменнике

В этой схеме плата Arduino, подключенная к датчику температуры, отправляет информацию о температуре (в градусах Цельсия) по заданному расписанию в IoT Foundation, используя протокол MQTT (MessageQueueingTelemetryTransport – это простой, быстродействующий протокол связи). На основе этой информации строится график, используя возможности, предусмотренные в Bluemix. IoT Foundation позволяет выводить эти данные на графике в режиме реального времени.

Существует несколько температурных датчиков, совместимых с Arduino, в системе использован датчик температуры датчиков, совместимых с Arduino, в системе использован датчик температуры LM35.

Таблица зависимости точности измерения (LSB, младший значащий бит результата преобразования) от опорного напряжения:

Опорное напряжение	Точность измерений
5.00V	4.9mV
3.96V	2.5mV
1.10V	1.0mV

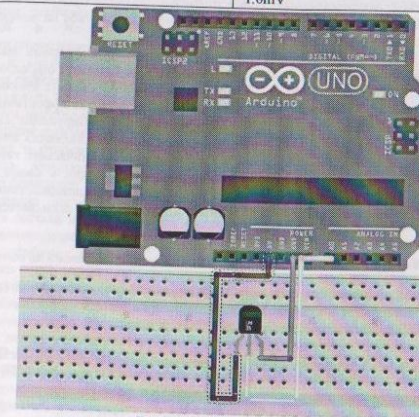


Рис.5. Монтажная схема

Включаем внутреннее опорное напряжение 1.1, что позволяет повысить точность измерения температуры. При использовании стандартного опорного напряжения в 5V точность измерения составила бы 24.5mV.

В виду того, что наша система инерционная, и возможны колебания температуры, то положение исполнительного механизма также должно быть колебательным, причем каждое новое колебание будет зависеть от dT. ПИД-регулятор позволяет управлять нашим ИМ в зависимости от текущей температуры и температуры, которую необходимо установить.

*СAV температурой на Arduino с использованием ПИД-регулятора*

1. Исходные данные
2. Схема подключения
3. Скетч
4. Настройка ПИД-регулятора

*Исходные данные для проектирования:*

- Теплообменник
- Исполнительный механизм
- Ардуино
- Датчик температуры LM35

Таким образом, для контроля и автоматического управления температуры в теплообменнике разработана специальная программа, который работает в комплексе микроконтроллерами марок ARDUINO, датчиками температуры марка LM35, DHT11, MCP2700E. Для автоматического контроля и управления входных и выходных сигналов разработана специальная электрическая схема на основе порта Breadboard.

Таким образом, экспериментальный материал, накопленный по обсуждаемой проблеме представляется достаточным для того, чтобы сделать вывод: комплексы фосфат ионов не являются достаточно эффективным ингибитором коррозии для систем теплоснабжения, поскольку их защитное действие в значительной степени ограничено физико-химическими свойствами воды, а также температурным (>80-100 °C) и гидродинамическим режимами работы этих систем.

Бутиламмонийный бисфосфоновая кислота действуют как анионный ингибитор на поверхности металла. Кроме того, она тормозит анодный процесс растворения за счет образования защитных пленок, представляющих собой труднорастворимые продукты взаимодействия ингибитора с ионами переходящего в раствор металла, т.е. она адсорбируется на поверхности стали образуя ионами железа (II) экранирующие пленки.

Исследованные ингибиторы обладают большой молекулярной массой и в их молекулах имеются гетероатомы (P, N) и разветвленные алкильные группы. Гетероатомы вступают в донорно-акцепторное взаимодействие с атомами поверхности металла, образуя хемосорбционную пленку.

Установлено, что в ряду синтезированных солей имеются эффективные ингибиторы коррозии в кислых и нейтральных средах. Показана зависимость ингибирующих свойств соединений от их структуры. Наиболее эффективными ингибиторами коррозии являются соединения, полученные на основе ПАМБФК, БАМБФК, относящиеся к ингибиторам органического типа.

Защитные свойства изученных ингибиторов, содержащих в своем составе атомы азота и фосфора, как правило, возрастают по мере увеличения взаимодействия d-электронов железа с неподеленными парами электронов данных атомов и это сказывается на их ингибирующей активности.

#### **Литература**

1. Khaled K.F. Theoretical study of the structural effects of polymethylene amines on corrosion inhibition of iron in acid solutions // *Electrochimica Acta*. – 2005
2. Фахретдинов П.С., Борисов Д.Н., Романов Г.В., Ходяев Ю.П., Гапакберов Р.М. Ингибиторы коррозии на металлах и сплавах на основе аммонийных соединений на основе  $\alpha$ -олефинов и окситиллированных нонилфенолов. Нефтехимическое дело. 2008. –С. 96–114.

### **СИНТЕЗ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ФТАЛИМИДОМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОЖИ**

**Хайдаров А.А., Шарипова Н.У., Назарова Г.Р., Хайдарова Х.А.  
Бухарский инженерно-технологический институт.**

68

### **Галаасишский строительно-транспортный профессиональной колледж.**

В последние годы в Республике Узбекистан интенсивно развивается технология производства кожи и изготовление различных изделий из нее. При обработке кожи в технологических процессах используются композиции состоящие из смеси различных неорганических и органических веществ. Исследовать возможности применения реакционноспособных водорастворимых синтетических полимеров для обработки кожи является весьма актуальной задачей.

В связи с этим, нами был синтезирован водорастворимые сополимеры на основе фталимидометилметакрилата (ФИММА) с (мет)акриловыми кислотами (АК, МАК) и их натриевыми солями (Na-АК, Na-МАК) обладающих бактерицидными свойствами. Сополимеризацию осуществляли в растворе диоксана, бензола, диметилформамида, этанола и в смеси этанол-вода (4:1) в присутствии инициатора динитрилизомасляной кислоты при температуре 333-353 К.

Для определения влияния состава исходной смеси сомономеров на процесс сополимеризации, реакцию проводили при различных мольных соотношениях исходных компонентов. В результате удалось получить сополимеры в широком диапазоне соотношений мономеров, что свидетельствует о высокой склонности молекулы ФИММА к сополимеризации.

Для выяснения влияния различных факторов на процесс сополимеризации и выбора оптимальных условий синтеза изучена кинетика сополимеризации в зависимости от глубины превращения (конверсии), температуры и состава исходной смеси мономеров. Реакцию проводили при мольном соотношении исходных компонентов 50:50 в интервале температур 333-353 К.

С повышением температуры и полярности среды возрастала суммарная скорость сополимеризации и увеличивался выход сополимеров. Установлено, что скорость сополимеризации возрастает с увеличением концентрации ФИММА в исходной смеси мономеров, а характеристическая вязкость растворов, образующихся полимеров, уменьшается. Это объясняется, по-видимому, участием молекул ФИММА в актах передачи цепи.

Из-за различия в реакционных способностях ФИММА, АК, МАК, Na-АК и Na-МАК составы образующихся как «мгновенных», так и «средних» сополимеров отличаются от состава исходной сомономерной смеси. В связи с этим, в работе с применением математического моделирования строения макромолекул сополимеров, с использованием вероятностно-статистических методов Марковских рядов (ККН-1) и Монте-Карло (ММК-1), по специально разработанным программам на ЭВМ изучена конверсионно-композиционная неоднородность «мгновенного» и «среднего» сополимеров, как функции состава сомономерной смеси и глубины превращения.

Данными, вычисленными на ЭВМ, установлено, что при сополимеризации ФИММА с АК, МАК, Na-АК и Na-МАК образующиеся сополимеры более обогащены звеньями фталимидометилметакрилата, чем исходные смеси мономеров. По мере увеличения степени превращения в составе «мгновенного» сополимера возрастает доля активного сомономера (ФИММА), при глубоких степенях превращения образующиеся макромолекулы, в основном, состоят из звеньев активного мономера с включением единичных звеньев АК, МАК, Na-АК и Na-МАК. Однако при этом имеется область состава сомономерной смеси, где можно получить композиционно-однородные сополимеры независимо от глубины превращения.

Различия в относительных активностях мономеров при сополимеризации также сильно отражаются на микроструктуре сополимеров. Сополимер «мгновенного» состава, хотя композиционно однороден, но звенья сомономеров у макроцепи распределены неравномерно.

Проведенные расчеты на ЭВМ позволили определить конверсионно-композиционную неоднородность состава и структуры как «мгновенного», так и «среднего» сополимеров, что дает возможность целенаправленно синтезировать сополимеры с заданными структурой и составом.

Таким образом, изучением процесса сополимеризации фталимидометилметакрилата с (мет)акриловыми кислотами и их натриевыми солями установлено, что молекулы фталимидометилметакрилата активно вступают в реакцию и тем самым позволяют синтезировать сополимеры, обогащенные функционально активными звеньями в широком диапазоне исходных соотношений сомономеров. На основе проведенных экспериментальных данных, был синтезирован биологически активные водорастворимые сополимеры, которые представляют собой порошки белого цвета, растворимые в этаноле, диоксане, диметилформамиде, а также в воде, не растворимые в алифатических углеводородах.

Полученные сополимеры были использованы в составе композиции, для обработки кожи. При этом установлено, что увеличение концентрации сополимера в составе композиции приводит к улучшению физико-механических свойств кож. По-видимому, указанное обстоятельство обусловлено

69

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI OLIY VA ЎРТА  
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ  
ИНСТИТУТИ

«ЗАМОНАВИЙ ИШЛАБ  
ЧИҚАРИШНИНГ МУҲАНДИСЛИК  
ВА ТЕХНОЛОГИК ИЛМИЙ-  
АМАЛИЙ МУАММОЛАРИ»

мавзусида

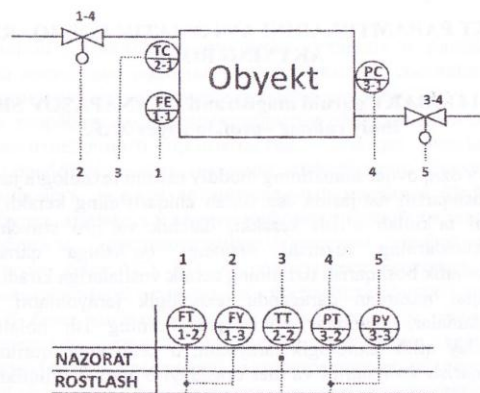
профессор-ўқитувчилар, катта илмий ходим-  
изланувчилар ва магистрлар илмий-амалий  
анжуман материаллари

(2015 йил 7-10 апрел)



БУХОРО – 2015

- 4,5,6
18. REKTIFIKATSION KOLONNADAGI TEMPERATURANING ARS ni MATLAB DASTURI YORDAMIDA HISOBLASH M 8-13 TJBАKT guruhi magistranti - Jo'rayeva M.E. Rahbar - Saliyeva O.K.....38
  19. ТЕРМИК КРЕКИНГЛАШ ЖАРАЁНИДА ҲАРОРАТНИ БОШҚАРИШ А.У.Усмонов, Ш.Р.Ибрагимов.....40
  20. САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИ СОВУҚ БИЛАН ТАЪМИНЛАШ ЖАРАЁНИНИ ЗАМОНАВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР АСОСИДА АВТОМАТЛАШТИРИШ Д.А. Козимова, магистр.....42
  21. POLIMERLANISH JARAYONINI TAHLIL QILISH M 9-14 TJBАKT guruhi magistranti - Sadillayeva S. Dj. Rahbar - Saliyeva O.K.....44
  22. TEXNOLOGIK JARAYONLARNI BOSHQARISHDA MIKROPROTSESSORLI MIKROKONTROLLERLARNING ANAMIYATI M8-13 guruh magistranti Samadova.N.A G'oyipov R.B; Rasulov Sh.X.....45
  23. САНОАТ ОБЪЕКТЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШДА АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН ЛОЙИҲАЛАШ ТИЗИМИНИНГ СТРУКТУРАСИ ВА УНИНГ АСОСИЙ ПРИНЦИПЛАРИ M8-13 TJBАKT гуруҳ магистранти А.Б. Сирожов.....46
  24. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАМЕСА ТЕСТА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ Г.Ш. Тураева-магистр, руководитель Х.Ф. Джураев.....48
  25. GAZLARNI OLTINGUGURTDAN QURUQ TOZALASH JARAYONINI TAHLIL QILISH M 9-14 TJBАKT guruhi magistri S.K. Uvayzov.....50
  26. BIOGAZ TEXNOLOGIYASINI AVTOMATLASHTIRISH VA AKT ORQALI BOSHQARISH M8-13TJBАKT guruh magistranti Fayziyev Shamshod.....52
  27. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТА В ТРУБОПРОВОДАХ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ДВИЖЕНИИ С УЧЕТОМ ТЕПЛООБМЕНА М.С. Хожиева, магистр.....54
  28. КУЁШ ЭНЕРГИЯСИДАН ФОЙДАЛАНИБ ИССИҚЛИКНИ КУРИТИШ ЖАРАЁНИГА ҚЎЛЛАШ Холиков А.А.....56
  29. ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ КРАСИЛЬНО-ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА Ш.Т. Яхьяева, магистр.....58
  30. ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУ ТП КРАСИЛЬНО-ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Ш.Т. Яхьяева, магистр.....61
  31. ОБЪЕКТ PARAMRLARINI AVTOMATIK BOSHQARISHDA AKTNING ROLI M9-14TJBАKT guruhi magistranti OTANAPASOV SH.O. Ilmiy rahbar –prof.Jo'rayev X .F.....63
  32. ГРУНТОВЫЙ ТЕПЛОВЫЙ НАСОС – ШАГ В БУДУЩЕЕ! Гафуров Б.К.-студент группы M 9-14 TJBАKT Научный руководитель – доц.Мехмонов И.И.....64
  33. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ ТЕПЛООБМЕНА Гафуров Б.К.-студент группы M 9-14 TJBАKT Научный руководитель – доц.Мехмонов И.И.....66
  34. СУЛИ ДОНИДАН ЁРМА ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНИГА ТАЪСИР ҚИЛУВЧИ ОМИЛЛАРНИНГ АҲАМИЯТИ доц. Н.А. Исмаилов.....68
  35. ЖАВДАРДАН УН ТОРТИШДА ДОН ЙИРИКЛИГИНИ УНИНГ ТЕХНОЛОГИК ХОССАЛАРИГА ТАЪСИРИ Ш.Ж.Юлдашева.....70
  36. MUQOBIL ENERGIYA MANBALARINI TAHLIL QILISH VA O'RGANISH NATIJALARI M 9 – 14 TJBАKT magistranti R.B.Salikhova.....72



2-rasm.

Bunda biz kerakli parametrlarni o'lchash uchun qo'yilgan birlamchi asboblardan chiqqan signallarni masofadan turib ikkilamchi asbobda qabul qilib signallarni o'zgaztirib, boshqaruv pultida o'tirgan holda jarayonni nazorat qilishimiz va rostlashimiz mumkin.

Xulosa qilib shuni aytishimiz mumkin Axborot Kommunikatsion Tizimlarini qo'llagan holda jarayonni boshqarishimizda keng qulayliklarga ega bo'lamiz. Hozirgi zamonaviy AKT texnologiyalari orqali biz nafaqat zavod, korxonaning ichidan turib balki boshqa joyda turib ham texnologik jarayonlardagi parametrlarni boshqarishimiz mumkin.

## ГРУНТОВЫЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС – ШАГ В БУДУЩЕЕ!

Гафуров Б.К.-студент группы М 9-14 ТЖБАКТ  
Научный руководитель – доц.Мехмонов И.И.

Снабжение жилых домов теплотой всегда была актуальной и дорогостоящей проблемой. Особенно это актуально в наше время, когда ощущается дефицит в традиционных энергоресурсах. Одним из решений этой проблемы является установка на территории своего дома грунтового теплового насоса.

Тепловой насос (англ. *heat pump*) — устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой.

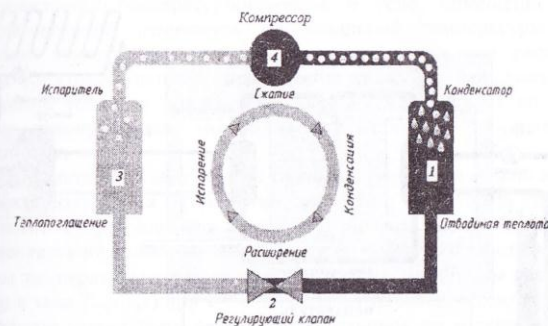


Рис.1. Схема компрессионного теплового насоса  
1-конденсатор; 2-дрозель; 3-испаритель; 4-компрессор.

Термодинамически тепловой насос представляет собой обращенную холодильную машину. Если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель — теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Тепловой насос вырабатывает энергию из природных ресурсов, таких как вода, почва или воздух. Эта энергия преобразовывается из электрической в тепловую энергию в соотношении до 1:5. Это соотношение называется коэффициентом преобразования теплового насоса - отношение теплопроизводительности к электропотреблению - зависит от уровня температур в испарителе и конденсаторе и колеблется в различных системах в диапазоне от 2,5 до 5, то есть на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит от 2,5 до 5 кВт тепловой энергии.

Схема выработки теплоты с помощью грунтового теплового насоса показана на рис.2.

Увеличение энергии формируется путём увеличения давления достигаемого электрическим приводом компрессора. Температурный уровень теплоснабжения от тепловых насосов 35-65°C. Экономия энергетических ресурсов достигает 70 %. Промышленность технически развитых стран выпускает широкий ассортимент пароконденционных тепловых насосов тепловой мощностью от 5 до 1000 кВт.

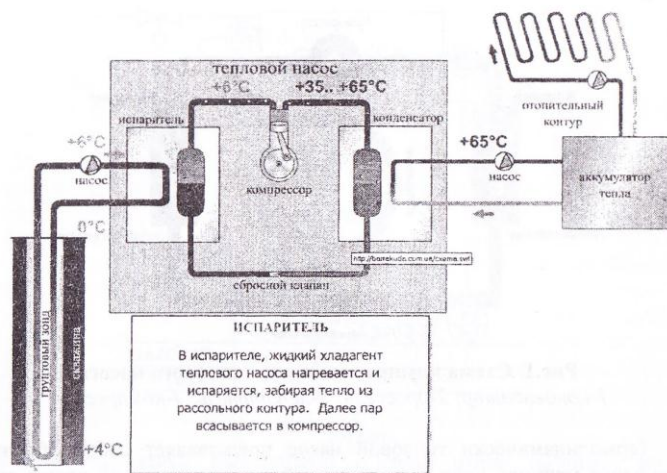


Рис.2. Схема работы геотермального теплового насоса

В качестве теплового источника такие насосы используют солнечную энергию, накапливаемую в земной поверхности, и с помощью системы пластиковых труб, укомплектованных теплоносителями, данная энергия собирается геотермальным насосом. Затем она уже поступает в наши дома. В результате мы получаем не только универсальную, но и дешевую, экологически чистую систему отопления и горячего водоснабжения.

К слову сказать, в Швеции на принципе тепловых насосов основано более 50% отопительных систем, а уж в этой стране знают толк в экономии и эргономике.

### ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ ТЕПЛООБМЕНА

Гафуров Б.К.-студент группы М 9-14 ТЖБАКТ  
 Научный руководитель – доц.Мехмонов И.И.

Нестационарные тепловые процессы сопровождаются не только изменением температурного поля по времени, но почти всегда связаны с изменением энтальпии тела, т. е. с его нагревом и охлаждением.

Практические задачи нестационарного теплообмена можно разделить на две основные группы. К первой относятся процессы, происходящие при переходе тела из некоторого начального теплового состояния в иное стационарное, обычно равновесное тепловое состояние. Примерами могут

служить изменение температурного поля в теле, помещенном в среду, температура которой отличается от начальной температуры тела, или выравнивание температур в теле с заданным начальным распределением температур. Ко второй группе можно отнести процессы, происходящие в телах, испытывающих тепловое воздействие извне, изменяющиеся во времени по некоторому закону. Здесь можно назвать процессы в регенеративных теплообменниках и др.

В большинстве нестационарных тепловых процессов можно выделить три этапа, характеризующиеся различными режимами, из которых собственно нестационарными будут лишь два первых. На первом этапе поле температур в теле определяется не только изменившимся тепловым воздействием, например изменением температуры окружающей среды, но и начальным распределением температур в теле  $T_0(x, y, z)$  при  $t = 0$ . Поскольку начальное температурное поле в общем случае может быть весьма произвольным, то и тепловой режим на этом первом этапе носит характер неупорядоченного процесса.

На втором этапе влияние начального состояния все более и более ослабевает, и дальнейшее протекание процесса управляется лишь условиями на границе тела, т. е. наступает режим упорядоченного процесса, в частности, регулярный режим.

Для большинства процессов первой группы характерен еще и третий этап, в котором температура тела во всех точках одинакова и равна температуре окружающей среды. Это состояние называют состоянием теплового равновесия.

Строго говоря, это новое равновесное тепловое состояние наступает лишь по прошествии бесконечно большого промежутка времени. Однако на практике тело относительно быстро достигает состояния, весьма близкого к состоянию теплового равновесия, поэтому и интересующие нас длительности нестационарных режимов отнюдь не бесконечны.

**Нестационарная работа теплообменников.** Переходные процессы в теплообменниках стационарного действия. Хотя это не подчеркивалось, но все же имелось в виду, что все теплообменники, рассчитаны на стационарный режим эксплуатации. Однако работа теплообменника всегда имеет начальный и конечный периоды; кроме того, при промышленной эксплуатации неизбежны переходы от одного стационарного режима к другому. Может оказаться, что продолжительность переходных периодов составит значительную долю полного времени работы теплообменника.

Это одна из причин необходимости количественного анализа нестационарных режимов работы теплообменников, поскольку показатели, определяемые исключительно на основе характеристик стационарных режимов работы, могут существенно расходиться с действительностью.

Существует и другая причина. Часто характеристики теплообменника в периоды его пуска и останова связаны с проблемой безопасности работы установки в целом, особенно если переходный процесс осуществляется в незапланированном порядке, например, в результате отключения электропитания. Тогда в результате быстрого изменения температуры могут

возникают термические напряжения, а при гидравлических ударах, связанных с резким торможением пробок жидкости, — разрушении трубопроводов и их соединений.

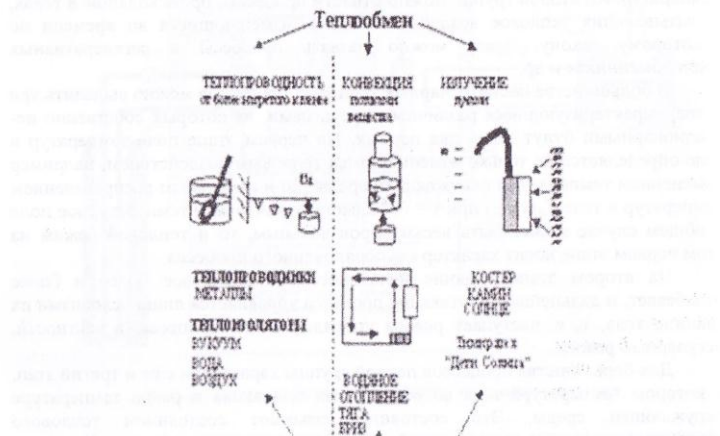


Рис.1. Виды теплообмена

**СУЛИ ДОНИДАН ЁРМА ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНИГА ТАЪСИР ҚИЛУВЧИ ОМИЛЛАРНИНГ АҲАМИЯТИ**

доц. Н.А. Исмаилов

Ёрма заводларида сули донидан силликланган ёрма, пачокланган ёрма, ялпайтирилган ёрма ва сули уни ишлаб чиқарилди. Сули донидан олинган маҳсулотлар юкори калориялиги билан бошқа ёрма маҳсулотларидан ажралиб туради. Сули донидан олинган маҳсулотлар таркибида ёпишқок моддаларни борлиги сабабли улар парҳезбон хусусиятларга эга. Шунинг учун сули ёрмасидан ёш болалар ва диетик касаллар учун оддий ва пиширишни талаб қилмайдиган унлар ишлаб чиқарилди. Бу маҳсулотларда кўп миқдорда витаминлар (тиамин, рибофлавин, ниацин) ва бир қанча микроэлементлар бор.

Сули донида бошқа ёрма донларига нисбатан гул қобиғи кўп бўлиб, плёнқасимонлиги 25...30 % ва ундан юкорирок бўлади. Шақли айлана, тўлик донли, кам плёнқали сули дони энг яхши технологик хоссаларга эга.

Доннинг таркибида тешикларининг ўлчамлари 1,8x20 мм элакдан ўтган майда сули донининг миқдори 5% дан ошмаслиги керак. Чунки таркибида

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKACISI  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ



“ТЕХНИКА ВА ТЕХНОЛОГИЯНИНГ  
ДОЛЗАРЬ МУАММОЛАРИ, УЛАРНИНГ  
ЭНЕРГОТЕЖАМКОР ВА  
ИННОВАЦИОН ЕЧИМЛАРИ”

Республика илмий-техник анжумани

## МАТЕРИАЛЛАРИ

I-қисм

2016 йил 20-22 апрель



Фарғона - 2016

“ТЕХНИКА ВА ТЕХНОЛОГИЯНИНГ ДОЛЗАРЬ МУАММОЛАРИ,  
УЛАРНИНГ ЭНЕРГОТЕЖАМКОР ВА ИННОВАЦИОН ЕЧИМЛАРИ” –

“АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ, ИХ  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ”.

Республика илмий-техник анжумани материаллари. I-қисм. Фарғона, 20 -  
22 апрель 2016 й. – 250 б.

Анжуманда маҳаллий хом ашёлардан фойдаланган ҳолда юқори унумдор ишлаб чиқариш воситалари, илмий хажмдор ва рақобатбардош технологиялари, қурилма ва жиҳозларни яратиш ҳамда мавжудларини модернизация қилиш ва техник қайта жиҳозлаш; махсулотларни маҳаллийлаштириш, энергия ва ресурс тежамкор технологияларни яратиш борасида фундаментал ва амалий тадқиқотлар натижаларини, илғор техник ва технологик ечимларни ишлаб чиқаришга жорий этишнинг янги имкониятлари ва йўллари; таълим, фан ва ишлаб чиқариш субъектларининг интеграциялашув жараёнини жадаллаштириш; ишлаб чиқаришда техника ва технологиялардаги муаммоларнинг ечими борасида амалга оширилган тадқиқотлар натижалари, соҳа мутахассислари ва етакчи олимларнинг фикрлари; ресурс тежамкорлиги омиллари, имкониятлари ва уларнинг самарадорликка таъсир қилувчи механизмларни асосий йўналишлари ҳақида маълумотлар келтирилган.

Тўплам олий таълим муассасалари ва илмий-тадқиқот институтларининг олимлари, ўқитувчилари, катта илмий ходим-изланувчилари, мустақил тадқиқотчилари, магистрантлари ва ишлаб чиқариш корхоналарининг мутахассислари учун мўлжалланган.

#### Анжуман ташкилотчилари:

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги  
Фарғона политехника институти

#### Ташкилий қўмита:

т.ф.н., доц. Отакулов О.Х. – раис, ФарПИ ректори  
т.ф.н., доц. Сулаймонов О.Н. – раис ўринбосари, ФарПИ ИИБ проректори

#### Ташкилий қўмита аъзолари:

т.ф.д., проф. Эргашев С.Ф. – ФарПИ  
ф-м ф.д., проф. Юлдашев Н.Х. – ФарПИ  
т.ф.д., проф. Тожиев Р.Ж. – ФарПИ  
и.ф.д., проф. Исманов И.Н. – ФарПИ  
т.ф.д., проф. Идиев Х.М. – ТошДУ  
т.ф.д., проф. Тагаев М.Б. – ҚДУ  
т.ф.д., проф. Абдурахимов С.А. – ТошДУ  
т.ф.д., проф. Садуллаев Н.Н. – БухМТИ

Солижонов А.Т. – “Farg’onaazot” ОАЖ бошқаруви раиси  
Умаров Ю.Ю. – “UZ-Hanwoo Engineering” ҚК МЧЖ бош директори  
Сайидахмедов Ф.И. – “GM-Powertrain” ҚК МЧЖ бош директори ўринбосари  
Абдужабборов О.А. – Фарғона ҳудудий “Автотехсизмат-Ф” АЖ раиси  
Бозоров Б.Т. – “Евразия ТАПО-Диск” ҚК МЧЖ бош директори

© ФарПИ – Фарғона политехника институти, 2016



### Хулоса

Топинамбур ҳосилини қовлаб олиш учун дискили лемех, эллипсли барабан ўрнатилган элеваторли қовлагич яратиш тавсия қилинди ва уни асосий ишчи қисмлари дискили лемех ва барабаннинг асосий ўлчамлари назарий жиҳатдан асослаб берилди.

### Адабиётлар

1. Шоумарова М, Абдиллаев Т, Каримов Н. Топинамбур етиштиришда комплекс механизациялаш воситалари тизимини яратиш имкониятлар. // Илмий мақолалар тўплами. – Т., ТДАУ 2013 й., 84-91 бетлар.

## АРХИТЕКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНГРЕДИЕНТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ СЖИЖЕННЫМ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

Научный руководитель: Мехмонов И.И., Магистрант: Гафуров Б.К.

Бухарский инженерно-технологический институт

Для автоматизированного управления установкой для получения ингредиентов из растительного сырья сжиженным углекислым газом построена трехуровневая архитектура (рис.1):

Первый уровень (нижний уровень)–уровень технологического объекта, включает в себя датчики, преобразователи, исполнительные механизмы и локальные станции управления. Второй уровень (средний уровень)–контроллерный уровень, состоит из программируемых логических контроллеров. Третий уровень (верхний уровень)–уровень операторной, содержит автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора и сервер хранения производственно-технологической информации.

На первом уровне управления выполняются следующие функции: сбор и первичная обработка технологической информации, поступающей от датчиков и измерительных преобразователей; ретрансляция информации, поступающей от программируемых контроллеров, встроенных в локальные станции и блоки контроля и управления технологических агрегатов и установок; обмен информацией (прием и передача) со вторым уровнем системы; управление технологическим процессом на основе собранной технологической информации и команд, поступающих со второго уровня управления; автотестирование элементов местной автоматизации, программируемых контроллеров локальных станций управления.

На втором уровне управления выполняются следующие функции: сбор и концентрация информации с первого уровня системы о ходе технологического процесса, а также от панелей управления и локальных станций управления; формирование и передача на нижний уровень управляющих воздействий; диагностика работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления; внутренняя обработка и хранение информации, формирование баз данных; индикация и регистрация информации, реализация диалога с операторами; составление оперативных сводок, отчетных и справочных документов; получение и обработка информации от смежных систем; передача информации на верхний уровень управления.

На третьем уровне управления выполняются следующие функции: сбор и концентрация информации со второго уровня управления о ходе технологического процесса объекта; автоматическое формирование отчетов и рабочих (режимных) листов по утвержденной форме за определенный период времени.

Измерительные средства АСУТП (датчики и измерительные приборы) имеют стандартный унифицированный выходной сигнал 4...20 мА. Соединение между датчиком и контроллером осуществляется физической линией (двух проводка).

Исполнительные механизмы АСУТП (пускатель и клапан) работают на напряжения тока 220-230 В. Поскольку выходной дискретный сигнал предусмотренного контроллера 5 В, предусмотрена установка реле (SRD-05VDC-SL-C) гальванической развязки дискретных выходов контроллера. Все оборудование нижнего и среднего уровня электрифицируется от внешнего источника питания.

Измеряемая величина измеряется датчиком и преобразуется в электрический сигнал 4-20 мА. Далее сигнал передается по аналоговой линии на аналоговый вход контроллера. В контроллере происходит преобразование аналоговой величины электрического сигнала в цифровой вид (код АЦП). С учетом коэффициента пересчета преобразователя физической величины, данная цифровая величина программно пересчитывается в реальную величину технологического параметра. Реальная величина технологического параметра (далее просто величина) записывается в базу исторических значений со связанным штампом времени.

По данному значению вычисляется состояние, в зависимости от установок: авария, предупреждение, норма. По состоянию генерируется событие. Все связанные анимационные ссылки в SCADA системе перерисовываются исходя из нового значения.

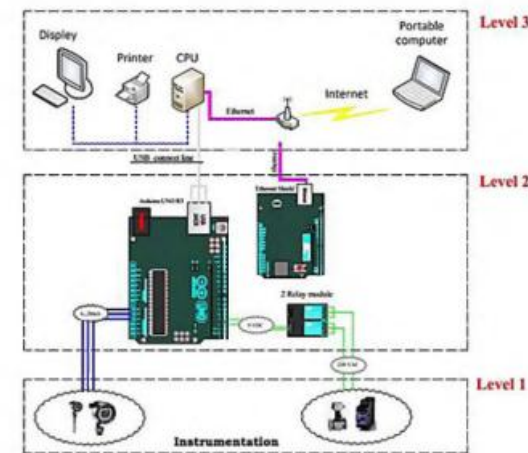


Рис.1. Архитектура автоматизированного управления

При нажатии командной кнопки на автоматизированном рабочем месте в программируемый контроллер посылается значение нового состояния устройства. В контроллере данное состояние анализируется на допустимость, подтверждается или отклоняется. В случае подтверждения нового состояния программируемый контроллер выполняет выдачу последовательности управляющих сигналов через дискретные выходы на исполнительное устройство. При этом подсистема PCY контролирует

каждый этап посылки управляющих сигналов и блокирует смену состояния устройства в случае ошибки.

Процесс регулирования – полностью автоматический процесс. Пользователь системы вводит задание на регулирование. Далее преобразователь технологического параметра измеряет входную величину. Данная величина подается на обработку в программируемый контроллер по ПИД алгоритму. Данный алгоритм вычисляет состояние исполнительного органа для выходного параметра и выдает серию управляющих сигналов для установки механизма в соответствующее состояние. Коммуникация контроллера с верхним производится по сети на основе кабеля USB и протокола Ethernet. Для дистанционного контроля и наблюдения за ходом процесса предусмотрен «Arduino Ethernet Shield», который с помощью протокола Ethernet соединяется с модемом. Далее, мобильный ПК осуществляет контроль и наблюдения за ходом процесса через интернет в любой точке земли.

Третий (верхний) уровень АСУТП состоит из сервера и мобильного ПК – Intel Core i7, 2,5GHz, ОЗУ DDR3–6 Гб; монитора–19”; сетевого принтера; модема. Автоматизированное рабочее место реализовано на базе операционной системы Microsoft Windows 10.

#### ЭКСТРАКТ ИЗ ВИНОГРАДНЫХ КОСТОЧЕК

Гафуров К.Х., Мирзаева Ш.У., Мухаммадиев Б.Т.

Бухарский инженерно-технологический институт

По результатам лабораторных опытов определено, что экстракты семечек винограда ускоряют разрушение клеток лейкемии [1]. При проведении одного опыта, ученые выявили, что экстракты которые содержатся в семенах винограда, способствуют более быстрому разрушению клеток лейкемии, при этом эти экстракты никак не вредят здоровым клеткам организма. Обладает антиоксидантным свойством, улучшает циркуляцию крови и укрепляет стенки капилляров. Действует в 15 раз активнее витамина Е. Помогает справиться с возрастными болезнями. Нейтрализует свободные радикалы, препятствуя их разрушительному воздействию на миокард. Активизирует иммунную систему, защищает легочную ткань, защищает соединительную ткань и как следствие уменьшает воспаление, защищает ткани глаз.

Прием всего 100 мг сухого спиртового экстракта из виноградных семян уже через два часа снижал содержание холестерина в клетках на 70%. Так было доказано, что виноградные фитостеролы мешают клеткам накапливать холестерин. Поэтому виноградная косточка может стать основой будущих препаратов для профилактики атеросклероза у женщин, вступивших во вторую половину жизни.

Виноградные косточки (Vitis sp.) являются чемпионом по содержанию самых мощных природных антиоксидантов – полифенолов проантоцианидинов, танинов, катехинов и других ценных элементов. Эти «звездные» вещества способны блокировать влияние агрессивной внешней среды, предотвращать практически все заболевания сердечно-сосудистой системы, реально тормозить процессы старения организма.

Главное достоинство Экстракта Виноградных Косточек (ЭВК) – уникальная способность укреплять соединительную ткань стенок всех кровеносных сосудов (артерий, вен, капилляров) и делать их прочными и упругими. Укрепление сосудов препятствует кровоизлияниям, в том числе, кровоизлияниям в мозг и разрыву сосудов сетчатки глаз.

Экстракт виноградных косточек защищает кровеносные сосуды также благодаря своему мощному противовоспалительному действию. Укрепляя стенки сосудов, ЭВК уменьшает отеки, что является очень важным фактором при повышенном

#### МУНДАРИЖА

<b>Сўз боши</b>	
<i>Фаргона политехника институтини ректори О.Х.Отакулов</i>	3
<b>Ўзбекистонда машинасозлик саноатини ривожланиши</b>	
<i>Отакулов О.Х.</i>	5
<b>I-ШЎЪБА: МАШИНАСОЗЛИКДА ИННОВАЦИОН ТЕХНОЛОГИЯЛАР, ЗАМОНАВИЙ УСУЛЛАР, ЯНГИ МАТЕРИАЛЛАР ВА ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИ МОДЕРНИЗАЦИЯЛАШ</b>	
<b>Влияние различных факторов на механические характеристики материалов</b>	
<i>Хамзаев И.Х., Умаров Э.С.</i>	8
<b>«Евразия ТАПО-Диск» қўшма корхонасида ишлатиладиган валцовка жихозининг ишлаш муддатини ошириш омиллари</b>	
<i>Каримжонов И.А.</i>	9
<b>Исследование геотехнологических факторов, влияющих на процесс кольматации скважин</b>	
<i>Научный руководитель: Аликулов Ш.Ш., Магистрант: Шодиев А.Н.</i>	11
<b>Штампларнинг ишчи қисмини ишлаш муддатини ошириш ва уларга термик ишлов бериш</b>	
<i>Умурзаков У.Й., Рахимов Ш.Э.</i>	12
<b>Қийин ишлов бериладиган материаллардан тайёрланган деталларни эксплуатация хусусиятларига юза катлами сифатининг таъсири</b>	
<i>Раҳимов Ш.Э., Умурзақов У.Й.</i>	13
<b>Композицион материаллар ва уларнинг татбиқлари</b>	
<i>Илмий раҳбарлар: Файзиматов Б.Н., Хусанов Ю.Ю., Талаба: Махмудов И.Р.</i>	14
<b>Кичик диаметри тешиқларни шарлар ёрдамида дорнаш технологияси</b>	
<i>Илмий раҳбарлар: Абдуллаев Ш.М., Маткаримов А.А., Талаба: Махмудов И.Р.</i>	14
<b>Повышение качества и прочности плоских и фасонных поверхностей, получаемых на строгальных станках</b>	
<i>Батиров Я.А., Тураев Т.Т., Мадаминов Б.М.</i>	16
<b>Сравнения Cad программ: Компас 3d и Auto Cad</b>	
<i>Научный руководитель: Косимова З.М., Студент: Асадов Б.</i>	17
<b>The problem of improving cracking</b>	
<i>Senior teacher: Botirov Ya., Student: Majidov I.</i>	19
<b>Повышение производительности фрезерования за счёт увеличения ширины фрезерования при заданной погрешности формообразования</b>	
<i>Файзиматов Б.Н., Мирзахамедов Н.Т., Кадыров М.Ю.</i>	20
<b>Саноат соҳасида кремний элементининг ўрни</b>	
<i>Хамидов В.О.</i>	22
<b>Текис юзаларга охириги ишлов бериш усуллари таҳлили</b>	
<i>Илмий раҳбар: Улухोजаев Р.С., Талаба: Бойбобоев Д.М.</i>	23
<b>Механик ишлов беришда макбул кесини маромларини аниқлаш усуллари</b>	
<i>Илмий раҳбар: Хусанов Ю.Ю., Талаба: Абдуллаева В.Й.</i>	24
<b>Кесини жараёнида ўлчаш ва назорат қилиш муаммолари, кесини муҳитдаги физик механик ҳодисалар</b>	
<i>Гафуров А.М.</i>	25