ДОДАТКИ

Додаток А

Лістинг програми ПРГ1

```
GNAT GPL 2014 (20140331)
Copyright 1992-2014, Free Software Foundation, Inc.

Compiling: C:\Users\Serhiy\Documents\adaprjs\Lab5\main.adb (source file time
stamp: 2014-05-29 10:36:28)

     1. with Ada.Text_IO, Ada.Integer_Text_IO, Ada.Calendar;
     2. use Ada.Text_IO, Ada.Integer_Text_IO, Ada.Calendar;
     3.
     4. procedure Main is
     5.    N: Integer := 1000;
     6.    P: Integer := 10;
     7.    H: Integer := N / P;
     8.    StartTime, FinishTime: Time;
     9.    DiffTime: Duration;
    10.
    11.    type Vector is array(1..N) of Integer;
    12.    type Matrix is array(1..N) of Vector;
    13.
    14.    --l: Integer;
    15.    MA, MO, ME, MK, MT, MM, Res: Matrix;
    16.
    17.    procedure MatrixInput(M: out Matrix) is
    18.    begin
    19.       for i in 1..N loop
    20.          for j in 1..N loop
    21.             M(i)(j) := 1;
    22.          end loop;
    23.       end loop;
    24.    end MatrixInput;
    25.
    26.    procedure MatrixOutput(M: in Matrix) is
    27.    begin
    28.       for i in 1..N loop
    29.          for j in 1..(N-1) loop
    30.             put(M(i)(j));
    31.             put(" ");
    32.          end loop;
    33.          put(M(i)(N));
    34.          Put_Line("");
    35.       end loop;
    36.    end MatrixOutput;
    37.
    38.    protected ResourceMonitor is
    39.       procedure WriteME(M: in Matrix);
    40.       procedure WriteMT(M: in Matrix);
    41.       procedure WriteL(lInp: in Integer);
    42.       procedure CalculateE(ei: in Integer);
    43.       function CopyE return Integer;
    44.       function CopyL return Integer;
    45.       function CopyME return Matrix;
    46.       function CopyMT return Matrix;
    47.    private
    48.       l: Integer;
    49.       e: Integer := Integer'Last;
    50.       ME: Matrix;
    51.       MT: Matrix;
    52.    end ResourceMonitor;
    53.
    54.    protected SynchronizeMonitor is
    55.       procedure SignalInput;
    56.       procedure SignalCalculate2;
    57.       procedure SignalCalculate3;
    58.       entry WaitInput;
```

```
59.       entry WaitCalculate2;
60.       entry WaitCalculate3;
61.    private
62.       flagInput: Integer := 0;
63.       flagCalculate2: Integer := 0;
64.       flagCalculate3: Integer := 0;
65.    end SynchronizeMonitor;
66.
67.    protected body ResourceMonitor is
68.       procedure WriteME(M: in Matrix) is
69.       begin
70.          ME := M;
71.       end WriteME;
72.
73.       procedure WriteMT(M: in Matrix) is
74.       begin
75.          MT := M;
76.       end WriteMT;
77.
78.       procedure WriteL(lInp: in Integer) is
79.       begin
80.          l := lInp;
81.       end WriteL;
82.
83.       procedure CalculateE(ei: in Integer) is
84.       begin
85.          if ( e > ei ) then
86.             e := ei;
87.          end if;
88.       end CalculateE;
89.
90.       function CopyE return Integer is
91.       begin
92.          return e;
93.       end CopyE;
94.
95.       function CopyL return Integer is
96.       begin
97.          return l;
98.       end CopyL;
99.
100.      function CopyME return Matrix is
101.      begin
102.         return ME;
103.      end CopyME;
104.
105.      function CopyMT return Matrix is
106.      begin
107.         return MT;
108.      end CopyMT;
109.   end ResourceMonitor;
110.
111.   protected body SynchronizeMonitor is
112.      procedure SignalInput is
113.      begin
114.         flagInput := flagInput + 1;
115.      end SignalInput;
116.
117.      procedure SignalCalculate2 is
118.      begin
119.         flagCalculate2 := flagCalculate2 + 1;
120.      end SignalCalculate2;
121.
122.      procedure SignalCalculate3 is
123.      begin
124.         flagCalculate3 := flagCalculate3 + 1;
```

```
125.       end SignalCalculate3;
126.
127.       entry WaitInput
128.          when flagInput = 2 is
129.       begin
130.          null;
131.       end WaitInput;
132.
133.       entry WaitCalculate2
134.          when flagCalculate2 = P is
                                      |
     >>> warning: potentially unsynchronized barrier
     >>> warning: "P" should be private component of type

135.       begin
136.          null;
137.       end WaitCalculate2;
138.
139.       entry WaitCalculate3
140.          when flagCalculate3 = P is
                                      |
     >>> warning: potentially unsynchronized barrier
     >>> warning: "P" should be private component of type

141.       begin
142.          null;
143.       end WaitCalculate3;
144.
145.    end SynchronizeMonitor;
146.
147.    task type CalculateTask(taskNumber: Integer);
148.
149.    task body CalculateTask is
150.       first, last: Integer;
151.       sum: Integer;
152.       ei: Integer;
153.       li: Integer;
154.       lInput : Integer;
155.       MEi, MTi: Matrix;
156.    begin
157.       Put_Line("Task " & Integer'Image(taskNumber) & " started...");
158.
159.       if ( taskNumber = 1 ) then
160.          -- Ð□Ð²ÐµÐ´ÐµÐ½Ð½Ñ□ A, ME, MK
161.          MatrixInput(MA);
162.          MatrixInput(ME);
163.          MatrixInput(MO);
164.          ResourceMonitor.WriteME(ME);
165.          -- Ð¡Ð³Ð½Ð°Ð» T_j (j = 2..P) Ð¿Ñ□Ð¾ Ð·Ð°Ð°Ñ□Ð½Ñ□ÐµÐ½Ð½Ñ□
Ð²Ð²Ð¾Ð´Ñ□
166.          SynchronizeMonitor.SignalInput;
167.       end if;
168.
169.       if ( taskNumber = P ) then
170.          -- Ð□Ð²ÐµÐ´ÐµÐ½Ð½Ñ□ B, MB, MO
171.          --l := 1;
172.          MatrixInput(MK);
173.          MatrixInput(MT);
174.          MatrixInput(MM);
175.          lInput := 1;
176.          ResourceMonitor.WriteMT(MT);
177.          ResourceMonitor.WriteL(lInput);
178.
179.          -- Ð¡Ð³Ð½Ð°Ð» T_j (j = 1..P-1) Ð¿Ñ□Ð¾ Ð·Ð°Ð°Ñ□Ð½Ñ□ÐµÐ½Ð½Ñ□
Ð²Ð²Ð¾Ð´Ñ□
180.          SynchronizeMonitor.SignalInput;
```

```
181.       end if;
182.
183.       -- Ð§ÐµÐ°Ð°ÑÐ¸ Ð·Ð°Ð°ÑÐ½ÑÐµÐ½Ð½Ñ Ð²Ð²ÐµÐ´ÐµÐ½Ð½Ñ
184.       SynchronizeMonitor.WaitInput;
185.
186.       first := (taskNumber - 1) * H + 1;
187.       last := taskNumber * H;
188.
189.       -- ÐÐ±ÑÐ¸ÑÐ»ÐµÐ½Ð½Ñ a_i
190.       ei := Integer'Last;
191.       for i in first..last loop
192.          for j in 1..N loop
193.             if ( ei > MO(i)(j) ) then
194.                ei := ME(i)(j);
195.             end if;
196.          end loop;
197.       end loop;
198.
199.       -- ÐÐ±ÑÐ¸ÑÐ»ÐµÐ½Ð½Ñ a
200.       ResourceMonitor.CalculateE(ei);
201.
202.       SynchronizeMonitor.SignalCalculate2;
203.
204.       SynchronizeMonitor.WaitCalculate2;
205.
206.       li := ResourceMonitor.CopyL;
207.       ei := ResourceMonitor.CopyE;
208.       MEi := ResourceMonitor.CopyME;
209.       MTi := ResourceMonitor.CopyMT;
210.
211.       for i in first..last loop
212.          for j in 1..N loop
213.             sum := 0;
214.             for k in 1..N loop
215.                sum := sum + MT(j)(k)*MM(k)(i);
216.             end loop;
217.             Res(j)(i) := sum;
218.          end loop;
219.       end loop;
220.
221.       for i in first..last loop
222.          for j in 1..N loop
223.             sum := 0;
224.             for k in 1..N loop
225.                sum := sum + ME(j)(k)*Res(k)(i);
226.             end loop;
227.             MA(j)(i) := ei*MK(j)(i)+li*sum;
228.          end loop;
229.       end loop;
230.
231.       if ( taskNumber = 1 ) then
232.          -- Ð§ÐµÐ°Ð°ÑÐ¸ Ð·Ð°Ð°ÑÐ½ÑÐµÐ½Ð½Ñ Ð¾Ð±ÑÐ¸ÑÐ»ÐµÐ½Ð½Ñ MA_H
Ð² T_j (j = 2..P)
233.          SynchronizeMonitor.SignalCalculate3;
234.          SynchronizeMonitor.WaitCalculate3;
235.
236.          -- ÐÐ¸Ð²ÐµÐ´ÐµÐ½Ð½Ñ MA
237.          if ( N <= 8 ) then
238.             MatrixOutput(MA);
239.          end if;
240.
241.          FinishTime := Clock;
242.          DiffTime := FinishTime - StartTime;
243.
244.          Put("Time = ");
245.          Put(Integer(DiffTime), 1);
```

```
   246.          Put_Line("");
   247.       else
   248.          -- Đ¡Đ¸Đ³Đ½Đ°Đ» T_1 Đ¿ÑĐ¾ Đ·Đ°Đ°ÑĐ½ÑĐµĐ½Đ½ÑĐ
Đ¾Đ±ÑĐ¸ÑĐ»ĐµĐ½Đ½Ñ MA_H
   249.          SynchronizeMonitor.SignalCalculate3;
   250.       end if;
   251.
   252.       Put_Line("Task " & Integer'Image(taskNumber) & " finished");
   253.    end CalculateTask;
   254.
   255.    ------------------------------------------------------------------
   256.    -- Đ¢Đ¸Đ¿ Đ²Đ°Đ°Đ·ÑĐ²Đ½Đ¸Đ°Đ° Đ½Đ° Đ·Đ°Đ´Đ°ÑÑ
   257.    type CalculateTaskPointer is access CalculateTask;
   258.
   259.    -- ĐĐ°ÑÑĐ¸Đ² Đ²Đ°Đ°Đ·ÑĐ²Đ½Đ¸Đ°ĐĐ² Đ½Đ° Đ·Đ°Đ´Đ°ÑÑ
   260.    type TasksArray is array(1..P) of CalculateTaskPointer;
   261.
   262.    tArray: TasksArray;
   263.
   264.    ch : Character;
   265.
   266.
   267. begin
   268.
   269.    Get(ch);
   270.    StartTime := Clock;
   271.
   272.    for i in 1..P loop
   273.       tArray(i) := new CalculateTask(i);
   274.    end loop;
   275. end Main;

 275 lines: No errors
```

Додаток Б

Лістинг програми ПРГ2

Клас Matrix.h:

```
#pragma once

#include <iostream>

class Matrix {
private:
	static const int FILLER = 1;

	//int size;
	int rows;
	int columns;


public:
	int *matrix;
	Matrix(int size);
	Matrix(int rows, int columns);
	~Matrix();

	int getRows();
	int getColumns();
	void* getPtrToArray();//--
	int* operator [] (int row);

	void input();
	void copy(Matrix& copyMatrix);
	void mult(Matrix& res, Matrix& multMatr);
	int getMin();
	int getMin(int from, int to);
	void delExcessive(int from, int to);
	void merge(Matrix& MAh);
};

std::ostream& operator << (std::ostream &out, Matrix &matrix);
```

Клас Matrix.cpp:

```
#include "Matrix.h"
#include <iostream>

Matrix::Matrix(int size) {
	this->rows = size;
	this->columns = size;

    matrix = new int [size*size];
}

Matrix::Matrix(int rows, int columns) {
	this->rows = rows;
	this->columns = columns;

    matrix = new int [rows*columns];
}

Matrix::~Matrix() {
    delete(matrix);
}

int Matrix::getRows() {
    return rows;
}

int Matrix::getColumns() {
    return columns;
}
```

```
void* Matrix::getPtrToArray(){
	return (void*)(&(*matrix));
}

int* Matrix::operator[](int row) {
    return matrix + row*columns;
}

void Matrix::input() {
    for ( int i = 0; i < rows*columns; i++ ) {
        matrix[i] = FILLER;
    }
}

void Matrix::copy(Matrix& copyMatrix) {
    for ( int i = 0; i < rows; i++ ) {
        for ( int j = 0; j < columns; j++ ) {
            copyMatrix[i][j] = matrix[i*columns + j];
        }
    }
}

void Matrix::mult(Matrix& res, Matrix& multMatr){
                    int* r;
                    int* mm;
                    int* tm;
                    int rColumns = res.getColumns();
                    int mmColumns = multMatr.getColumns();
                    int tmColumns = columns;
            for (int i = 0; i < mmColumns; i++)
            {
                            r = res.matrix;
                            tm = matrix;
                for (int j = 0; j < rows; j++)
                {
                    r[i] = 0;
                                    mm = multMatr.matrix;
                    for (int k = 0; k < rows; k++)
                    {
                        r[i] += tm[k] * mm[i];
                                        mm += mmColumns;
                    };
                                    r += rColumns;
                                    tm += tmColumns;
                }
            }
}

int Matrix::getMin(){
	int min = matrix[0];
	for(int i = 1; i < rows*columns; i++){
		if(min > matrix[i]){
			min = matrix[i];
		}
	}

	return min;
}

int Matrix::getMin(int from, int to){
	int min = matrix[from];
	for(int i = 0; i < rows; i++){
		for(int j = from; j < to; j++){
			if(min > matrix[i]){
				min = matrix[i];
			}
		}
	}
```

```
	return min;
}

void Matrix::delExcessive(int from, int to){
	int* accum = new int[(to-from)*rows];
	for(int i = 0; i < rows; i++){
		for(int j = from; j < to; j++){
			accum[i*(to-from) - from + j] = matrix[i*columns + j];
		}
	}
	int* toDel = matrix;
	matrix = accum;
	delete[] toDel;
	columns = to-from;
}

void Matrix::merge(Matrix& MAh){
	int size1 = columns*rows;
	int size2 = MAh.getColumns()*MAh.getRows();
	int* accum = new int[size1 + size2];
	for(int i = 0; i < rows; i++){
		for(int j = 0; j < (columns + MAh.getColumns()); j++){
			if(j < columns){
				accum[i*(columns + MAh.getColumns()) + j] = matrix[i*columns +
j];
			} else {
				accum[i*(columns + MAh.getColumns()) + j] = MAh[i][j-columns];
			}
		}
	}

	int* toDel = matrix;
	matrix = accum;
	delete[] toDel;
	columns += MAh.getColumns();
}

std::ostream& operator<<(std::ostream &out, Matrix &matrix) {
    int last = matrix.getColumns() - 1;

    out << "Matrix:" << std::endl;

    for (int row = 0; row < matrix.getRows(); row++) {
        for (int col = 0; col < last; col++)
            out << matrix[row][col] << " ";
        out << matrix[row][last] << std::endl;
    }

    return out;
};
```

Клас CourseWork(mpi).cpp:

```
//--------------------------
//Курсова робота
//MA = min(MO)*MK + l*ME*(MT*MM)
//Бута С.О.
//20.05.14
//--------------------------
#include "stdafx.h"
#include <mpi.h>
#include <iostream>
#include "Matrix.h"
#include <time.h>
using namespace std;

int N = 1000;
```

```
int P = 10;
int H = N/P;
int FILLER = 1;

int first = 0;
int last = P/2 - 1;

void* shiftPtrLeft(void* inp, int s){
	return (void*)((int*)inp + s*H*N);
}

void copyBuf(void* from, void* to, int size){
	for(int i = 0; i < size; i++){
		((int*)to)[i] = ((int*)from)[i];
	}
}

bool isCentral(int rank){
	if(rank == (P/4))
		return true;
	return false;
}

int findAndSendMinGlobal(int rank, int localMin){
	int ei;
	int bottomRank = rank + P/2;
	MPI_Status st;
	if(rank != last){
		MPI_Recv(&ei, 1, MPI_INT, rank+1, 21, MPI_COMM_WORLD, &st);
		localMin = (ei < localMin) ? ei : localMin;
	}
	MPI_Recv(&ei, 1, MPI_INT, rank-1, 21, MPI_COMM_WORLD, &st);
	localMin = (ei < localMin) ? ei : localMin;

	MPI_Recv(&ei, 1, MPI_INT, bottomRank, 21, MPI_COMM_WORLD, &st);
	localMin = (ei < localMin) ? ei : localMin;

	MPI_Request rqb, rql;
	MPI_Isend(&localMin, 1, MPI_INT, bottomRank, 21, MPI_COMM_WORLD, &rqb);
	MPI_Isend(&localMin, 1, MPI_INT, rank-1, 21, MPI_COMM_WORLD, &rql);
	if(rank != last){
		MPI_Request rqr;
		MPI_Isend(&localMin, 1, MPI_INT, rank+1, 21, MPI_COMM_WORLD, &rqr);
		MPI_Wait(&rqr, MPI_STATUS_IGNORE);
	}

	MPI_Wait(&rqb, MPI_STATUS_IGNORE);

	MPI_Wait(&rql, MPI_STATUS_IGNORE);
	return localMin;
}

int getMinGlobal(int rank, int localMin){
	int globalMin;
	if(isCentral(rank)){
		globalMin = findAndSendMinGlobal(rank, localMin);
	} else {
		int ei;
		MPI_Status st;
		if(rank < P/4){
			MPI_Recv(&ei, 1, MPI_INT, rank + P/2, 21, MPI_COMM_WORLD, &st);
			localMin = (ei < localMin) ? ei : localMin;
			if(rank != first){
				MPI_Recv(&ei, 1, MPI_INT, rank - 1, 21, MPI_COMM_WORLD, &st);
				localMin = (ei < localMin) ? ei : localMin;
			}
			MPI_Send(&localMin, 1, MPI_INT, rank+1, 21, MPI_COMM_WORLD);
			MPI_Recv(&globalMin, 1, MPI_INT, rank+1, 21, MPI_COMM_WORLD, &st);
```

```
                        if(rank != first){
                                MPI_Send(&globalMin, 1, MPI_INT, rank-1, 21, MPI_COMM_WORLD);
                        }
                        MPI_Send(&globalMin, 1, MPI_INT, rank+P/2, 21, MPI_COMM_WORLD);
                } else {
                        MPI_Recv(&ei, 1, MPI_INT, rank + P/2, 21, MPI_COMM_WORLD, &st);
                        localMin = (ei < localMin) ? ei : localMin;
                        if(rank != last){
                                MPI_Recv(&ei, 1, MPI_INT, rank + 1, 21, MPI_COMM_WORLD, &st);
                                localMin = (ei < localMin) ? ei : localMin;
                        }
                        MPI_Send(&localMin, 1, MPI_INT, rank-1, 21, MPI_COMM_WORLD);
                        MPI_Recv(&globalMin, 1, MPI_INT, rank-1, 21, MPI_COMM_WORLD, &st);
                        if(rank != last){
                                MPI_Send(&globalMin, 1, MPI_INT, rank+1, 21, MPI_COMM_WORLD);
                        }
                        MPI_Send(&globalMin, 1, MPI_INT, rank+P/2, 21, MPI_COMM_WORLD);
                }
        }
        return globalMin;
}

void calcMAh(Matrix& MA, int e, Matrix& MKh, int l, Matrix& ME, Matrix& MT, Matrix& MMh){
        Matrix Res(N, H);
        MT.mult(Res, MMh);
        ME.mult(MA, Res);
        for(int i = 0; i < H; i++){
                for(int j = 0; j < N; j++){
                        MA[j][i] = e*MKh[j][i] + l*MA[j][i];
                }
        }
}


int size(Matrix& MA){
        return MA.getColumns()*MA.getRows();
}

void matrOut(Matrix& M){
        for(int i = 0; i < M.getRows(); i++){
                for(int j = 0; j < M.getColumns(); j++){
                        cout << M[i][j] << " ";
                }
                cout << endl;
        }
}

void sendLeftMAh(int rank, Matrix& MAh){
        Matrix MAh2(N, H);

        MPI_Recv(MAh2.getPtrToArray(), N*H, MPI_INT, rank + P/2, 31, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
        MAh.merge(MAh2);
        if(rank != last){
                Matrix MAh1(N, H*(P - (rank+1)*2));
                MPI_Recv(MAh1.getPtrToArray(), size(MAh1), MPI_INT, rank+1, 31,
MPI_COMM_WORLD, MPI_STATUSES_IGNORE);
                MAh.merge(MAh1);
        }
        MPI_Send(MAh.getPtrToArray(), size(MAh), MPI_INT, rank-1, 31, MPI_COMM_WORLD);
}


void threadFuncFirst(){
        long transferStart1 = clock();

        Matrix MO(N), ME(N);
        MO.input();
```

```
        ME.input();

        int rightSS = N*N - 2*H*N;
        int rightRS = 2*N*H;
        int fullSize = N*N;
        int bottomRank = 0 + P/2;

        int flag = -1;
        MPI_Request req0;
        MPI_Isend(&flag, 1, MPI_INT, 1, 0, MPI_COMM_WORLD, &req0);

        MPI_Request req4;
        MPI_Request req5;
        MPI_Isend(shiftPtrLeft(MO.getPtrToArray(), 2), rightSS, MPI_INT, 1, 4,
MPI_COMM_WORLD, &req4);
        MPI_Isend(ME.getPtrToArray(), fullSize, MPI_INT, 1, 5, MPI_COMM_WORLD, &req5);

        Matrix MKh(N,2*H), MMh(N,2*H);
        Matrix MT(N);
        int li;

        MPI_Status st1;
        MPI_Status st2;
        MPI_Status st3;
        MPI_Recv(&flag, 1, MPI_INT, 1, 0, MPI_COMM_WORLD, MPI_STATUSES_IGNORE);
        MPI_Recv(MKh.getPtrToArray(), rightRS, MPI_INT, 1, 1, MPI_COMM_WORLD, &st1);
        MPI_Recv(MMh.getPtrToArray(), rightRS, MPI_INT, 1, 2, MPI_COMM_WORLD, &st2);
        MPI_Recv(MT.getPtrToArray(), fullSize, MPI_INT, 1, 3, MPI_COMM_WORLD, &st3);
        MPI_Recv(&li, 1, MPI_INT, 1, 6, MPI_COMM_WORLD, MPI_STATUSES_IGNORE);


        MPI_Wait(&req4, MPI_STATUS_IGNORE);
        MPI_Wait(&req5, MPI_STATUS_IGNORE);

        MPI_Request reql1, reql2, reql3, reql4, reql5, reql6;
        MPI_Isend(shiftPtrLeft(MKh.getPtrToArray(), 1), N*H, MPI_INT, bottomRank, 11,
MPI_COMM_WORLD, &reql1);
        MPI_Isend(shiftPtrLeft(MMh.getPtrToArray(), 1), N*H, MPI_INT, bottomRank, 12,
MPI_COMM_WORLD, &reql2);
        MPI_Isend(shiftPtrLeft(MO.getPtrToArray(), 1), N*H, MPI_INT, bottomRank, 14,
MPI_COMM_WORLD, &reql4);
        MPI_Isend(MT.getPtrToArray(), N*N, MPI_INT, bottomRank, 13, MPI_COMM_WORLD, &reql3);
        MPI_Isend(ME.getPtrToArray(), N*N, MPI_INT, bottomRank, 15, MPI_COMM_WORLD, &reql5);
        MPI_Isend(&li, 1, MPI_INT, bottomRank, 16, MPI_COMM_WORLD, &reql6);

        MPI_Wait(&reql1, MPI_STATUS_IGNORE);
        MPI_Wait(&reql2, MPI_STATUS_IGNORE);
        MPI_Wait(&reql3, MPI_STATUS_IGNORE);
        MPI_Wait(&reql4, MPI_STATUS_IGNORE);
        MPI_Wait(&reql5, MPI_STATUS_IGNORE);
        MPI_Wait(&reql6, MPI_STATUS_IGNORE);
        MO.delExcessive(0, H);
        MKh.delExcessive(0, H);
        MMh.delExcessive(0, H);

        long transferFinish1 = clock();

        long cStart1 = clock();
        int ei = MO.getMin();
        long cFinish1 = clock();

        int e = getMinGlobal(0, ei);

        Matrix MAh(N, H);
        long cStart2 = clock();
        calcMAh(MAh, e, MKh, li, ME, MT, MMh);
        long cFinish2 = clock();
```

```
	long transferStart2 = clock();
	Matrix MAh1(N, H);
	MPI_Recv(MAh1.getPtrToArray(), N*H, MPI_INT, bottomRank, 31, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
	MAh.merge(MAh1);

	Matrix MAh2(N, N-2*H);
	MPI_Recv(MAh2.getPtrToArray(), N*(N-2*H), MPI_INT, 1, 31, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
	MAh.merge(MAh2);

	long transferFinish2 = clock();

	cout <<"Time to transfer: ";
	cout << ((transferFinish1-transferStart1) + (transferFinish2 - transferStart2))/1000
<< endl;

	cout <<"Time to calculate1: ";
	cout << (cFinish1 - cStart1)/1000 << endl;

	cout <<"Time to calculate2: ";
	cout << (cFinish2 - cStart2)/1000 << endl;

	if(N < 13){
		cout << "Matrix MA: \n";
		for(int i = 0; i < MAh.getRows(); i++){
			for(int j = 0; j < MAh.getColumns(); j++){
				cout << MAh[i][j] << " ";
			}
			cout << endl;
		}
	}
}

void threadFuncLast(){
	int bottomRank = P-1;

	Matrix MK(N), MT(N), MM(N);
	MK.input();
	MT.input();
	MM.input();
	int li = FILLER;

	int flag = 1;
	MPI_Request req0;
	MPI_Isend(&flag, 1, MPI_INT, P/2-2, 0, MPI_COMM_WORLD, &req0);

	MPI_Request req1;
	MPI_Request req2;
	MPI_Request req3;
	MPI_Request req6;
	MPI_Isend(MK.getPtrToArray(), N*N - 2*H*N, MPI_INT, P/2-2, 1, MPI_COMM_WORLD, &req1);
	MPI_Isend(MM.getPtrToArray(), N*N - 2*H*N, MPI_INT, P/2-2, 2, MPI_COMM_WORLD, &req2);
	MPI_Isend(MT.getPtrToArray(), N*N, MPI_INT, P/2-2, 3, MPI_COMM_WORLD, &req3);
	MPI_Isend(&li, 1, MPI_INT, P/2-2, 6, MPI_COMM_WORLD, &req6);

	Matrix MOh(N, 2*H), ME(N);
	MPI_Status st4;
	MPI_Status st5;
	MPI_Recv(&flag, 1, MPI_INT, P/2-2, 0, MPI_COMM_WORLD, MPI_STATUSES_IGNORE);
	MPI_Recv(MOh.getPtrToArray(), 2*N*H, MPI_INT, P/2-2, 4, MPI_COMM_WORLD, &st4);
	MPI_Recv(ME.getPtrToArray(), N*N, MPI_INT, P/2-2, 5, MPI_COMM_WORLD, &st5);

	MPI_Wait(&req1, MPI_STATUS_IGNORE);
	MPI_Wait(&req2, MPI_STATUS_IGNORE);
	MPI_Wait(&req3, MPI_STATUS_IGNORE);
	MPI_Wait(&req6, MPI_STATUS_IGNORE);
```

```
	MPI_Request reql1, reql2, reql3, reql4, reql5/*, reql6*/;
	MPI_Isend(shiftPtrLeft(MK.getPtrToArray(), P - 1 ), N*H, MPI_INT, bottomRank, 11,
MPI_COMM_WORLD, &reql1);
	MPI_Isend(shiftPtrLeft(MM.getPtrToArray(), 1), N*H, MPI_INT, bottomRank, 12,
MPI_COMM_WORLD, &reql2);
	MPI_Isend(shiftPtrLeft(MOh.getPtrToArray(), 1), N*H, MPI_INT, bottomRank, 14,
MPI_COMM_WORLD, &reql4);
	MPI_Isend(MT.getPtrToArray(), N*N, MPI_INT, bottomRank, 13, MPI_COMM_WORLD, &reql3);
	MPI_Isend(ME.getPtrToArray(), N*N, MPI_INT, bottomRank, 15, MPI_COMM_WORLD, &reql5);
	MPI_Isend(&li, 1, MPI_INT, bottomRank, 16, MPI_COMM_WORLD, &reql5);

	MPI_Wait(&reql1, MPI_STATUS_IGNORE);
	MPI_Wait(&reql2, MPI_STATUS_IGNORE);
	MPI_Wait(&reql3, MPI_STATUS_IGNORE);
	MPI_Wait(&reql4, MPI_STATUS_IGNORE);
	MPI_Wait(&reql5, MPI_STATUS_IGNORE);
	MK.delExcessive((P-2)*H, (P-1)*H);
	MM.delExcessive((P-2)*H, (P-1)*H);
	MOh.delExcessive(0, H);

	int ei = MOh.getMin(0, H);
	int e = getMinGlobal(last, ei);

	Matrix MAh(N, H);
	calcMAh(MAh, e, MK, li, ME, MT, MM);

	sendLeftMAh(last, MAh);
}

void threadFuncMed(int rank){
	int bottomRank = rank + P/2;
	int rightSS = (P - rank*2 - 2)*H*N;
	int rightSR = (rank*2 + 2)*H*N;
	int leftSS = rank*H*2*N;
	int leftSR = (P-2*rank)*H*N;

	int flag;
	MPI_Request rq[7];
	MPI_Request rqf;
	MPI_Recv(&flag, 1, MPI_INT, MPI_ANY_SOURCE, 0, MPI_COMM_WORLD, MPI_STATUSES_IGNORE);

	Matrix MKh(N, rightSR/N), MMh(N, rightSR/N), MT(N);
	int li;
	Matrix MOh(N, leftSR/N), ME(N);

	if(flag == 1){

		MPI_Recv(MKh.getPtrToArray(), rightSR, MPI_INT, rank+1, 1, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
		MPI_Recv(MMh.getPtrToArray(), rightSR, MPI_INT, rank+1, 2, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
		MPI_Recv(MT.getPtrToArray(), size(MT), MPI_INT, rank+1, 3, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
		MPI_Recv(&li, 1, MPI_INT, rank+1, 6, MPI_COMM_WORLD, MPI_STATUSES_IGNORE);

		MPI_Isend(&flag, 1, MPI_INT, rank-1, 0, MPI_COMM_WORLD, &rq[0]);
		MPI_Isend(MKh.getPtrToArray(), leftSS, MPI_INT, rank-1, 1, MPI_COMM_WORLD,
&rq[1]);
		MPI_Isend(MMh.getPtrToArray(), leftSS, MPI_INT, rank-1, 2, MPI_COMM_WORLD,
&rq[2]);
		MPI_Isend(MT.getPtrToArray(), size(MT), MPI_INT, rank-1, 3, MPI_COMM_WORLD,
&rq[3]);
		MPI_Isend(&li, 1, MPI_INT, rank-1, 6, MPI_COMM_WORLD, &rq[6]);



		MPI_Recv(&flag, 1, MPI_INT, MPI_ANY_SOURCE, 0, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
```

```
            MPI_Recv(MOh.getPtrToArray(), leftSR, MPI_INT, rank-1, 4, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
            MPI_Recv(ME.getPtrToArray(), size(ME), MPI_INT, rank-1, 5, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);

            MPI_Isend(&flag, 1, MPI_INT, rank+1, 0, MPI_COMM_WORLD, &rqf);
            MPI_Isend(shiftPtrLeft(MOh.getPtrToArray(), 2), rightSS, MPI_INT, rank+1, 4,
MPI_COMM_WORLD, &rq[4]);
            MPI_Isend(ME.getPtrToArray(), size(ME), MPI_INT, rank+1, 5, MPI_COMM_WORLD,
&rq[5]);

      } else {
            MPI_Recv(MOh.getPtrToArray(), leftSR, MPI_INT, rank-1, 4, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
            MPI_Recv(ME.getPtrToArray(), size(ME), MPI_INT, rank-1, 5, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);

            MPI_Isend(&flag, 1, MPI_INT, rank+1, 0, MPI_COMM_WORLD, &rqf);
            MPI_Isend(shiftPtrLeft(MOh.getPtrToArray(), 2), rightSS, MPI_INT, rank+1, 4,
MPI_COMM_WORLD, &rq[4]);
            MPI_Isend(ME.getPtrToArray(), size(ME), MPI_INT, rank+1, 5, MPI_COMM_WORLD,
&rq[5]);


            MPI_Recv(&flag, 1, MPI_INT, MPI_ANY_SOURCE, 0, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);

            MPI_Recv(MKh.getPtrToArray(), rightSR, MPI_INT, rank+1, 1, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
            MPI_Recv(MMh.getPtrToArray(), rightSR, MPI_INT, rank+1, 2, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
            MPI_Recv(MT.getPtrToArray(), size(MT), MPI_INT, rank+1, 3, MPI_COMM_WORLD,
MPI_STATUSES_IGNORE);
            MPI_Recv(&li, 1, MPI_INT, rank+1, 6, MPI_COMM_WORLD, MPI_STATUSES_IGNORE);

            MPI_Isend(&flag, 1, MPI_INT, rank-1, 0, MPI_COMM_WORLD, &rq[0]);
            MPI_Isend(MKh.getPtrToArray(), leftSS, MPI_INT, rank-1, 1, MPI_COMM_WORLD,
&rq[1]);
            MPI_Isend(MMh.getPtrToArray(), leftSS, MPI_INT, rank-1, 2, MPI_COMM_WORLD,
&rq[2]);
            MPI_Isend(MT.getPtrToArray(), size(MT), MPI_INT, rank-1, 3, MPI_COMM_WORLD,
&rq[3]);
            MPI_Isend(&li, 1, MPI_INT, rank-1, 6, MPI_COMM_WORLD, &rq[6]);
      }
            for(int i = 0; i < 7; i++){
                  MPI_Wait(&rq[i], MPI_STATUSES_IGNORE);
            }

            MPI_Wait(&rqf, MPI_STATUSES_IGNORE);

            MKh.delExcessive(size(MKh)/N-2*H, size(MKh)/N);
            MMh.delExcessive(size(MMh)/N-2*H, size(MMh)/N);
            MOh.delExcessive(0, 2*H);


            MPI_Request rq1[6];
            MPI_Isend(shiftPtrLeft(MKh.getPtrToArray(), 1), N*H, MPI_INT, bottomRank, 11,
MPI_COMM_WORLD, &rq1[0]);
            MPI_Isend(shiftPtrLeft(MMh.getPtrToArray(), 1), size(MMh) - N*H, MPI_INT,
bottomRank, 12, MPI_COMM_WORLD, &rq1[1]);
            MPI_Isend(MT.getPtrToArray(), size(MT), MPI_INT, bottomRank, 13,
MPI_COMM_WORLD, &rq1[2]);
            MPI_Isend(shiftPtrLeft(MOh.getPtrToArray(), 1), size(MOh) - N*H, MPI_INT,
bottomRank, 14, MPI_COMM_WORLD, &rq1[3]);
            MPI_Isend(ME.getPtrToArray(), size(ME), MPI_INT, bottomRank, 15,
MPI_COMM_WORLD, &rq1[4]);
            MPI_Isend(&li, 1, MPI_INT, bottomRank, 16, MPI_COMM_WORLD, &rq1[5]);
```

```
		for(int i = 0; i < 6; i++){
			MPI_Wait(&rq1[i], MPI_STATUSES_IGNORE);
		}

		MKh.delExcessive(0, H);
		MMh.delExcessive(0, H);
		MOh.delExcessive(0, H);

		int ei = MOh.getMin(0, H);
		int e = getMinGlobal(rank, ei);

		Matrix MAh(N, H);
		calcMAh(MAh, e, MKh, li, ME, MT, MMh);

		sendLeftMAh(rank, MAh);
}

void threadFuncBottom(int rank){
	Matrix MOh(N, H), MKh(N, H), MMh(N, H), MT(N), ME(N);
	int li;

	MPI_Status st1;
	MPI_Status st2;
	MPI_Status st3;
	MPI_Status st4;
	MPI_Status st5;
	MPI_Status st6;

	MPI_Recv(MKh.getPtrToArray(), N*H, MPI_INT, rank - P/2, 11, MPI_COMM_WORLD, &st1);
	MPI_Recv(MMh.getPtrToArray(), N*H, MPI_INT, rank - P/2, 12, MPI_COMM_WORLD, &st2);

	MPI_Recv(MT.getPtrToArray(), N*N, MPI_INT, rank - P/2, 13, MPI_COMM_WORLD, &st3);
	MPI_Recv(MOh.getPtrToArray(), N*H, MPI_INT, rank - P/2, 14, MPI_COMM_WORLD, &st4);
	MPI_Recv(ME.getPtrToArray(), N*N, MPI_INT, rank - P/2, 15, MPI_COMM_WORLD, &st5);
	MPI_Recv(&li, 1, MPI_INT, rank - P/2, 16, MPI_COMM_WORLD, &st6);

	int ei = MOh.getMin();
	MPI_Send(&ei, 1, MPI_INT, rank - P/2, 21, MPI_COMM_WORLD);
	int e;
	MPI_Recv(&e, 1, MPI_INT, rank - P/2, 21, MPI_COMM_WORLD, MPI_STATUSES_IGNORE);

	Matrix MAh(N, H);
	calcMAh(MAh, e, MKh, li, ME, MT, MMh);

	MPI_Send(MAh.getPtrToArray(), N*H, MPI_INT, rank - P/2, 31, MPI_COMM_WORLD);
}

int main(int argc, char* argv[])
{
	MPI_Init(&argc, &argv);
	long tStart = clock();
	int rank;
	MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &P);
	MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &rank);

	H = N/P;
	last = P/2 - 1;

	cout << "Thread " << rank << " started.\n";

	if(rank == first){
		threadFuncFirst();
	} else {
		if(rank == last){
			threadFuncLast();
		} else {
			if(rank > (last)){
				threadFuncBottom(rank);
```

```
                        } else {
                                threadFuncMed(rank);
                        }
                }
        }

        cout << "Thread " << rank << " finish.\n";
        MPI_Finalize();


        if(rank == first){
                long tFinish = clock();
                cout << endl << "time: " << (tFinish - tStart)/1000 << "s " << (tFinish -
tStart)%1000 << "ms" << endl;
                char ch;
                cin >> ch;
        }
        return 0;
}
```

Додаток В

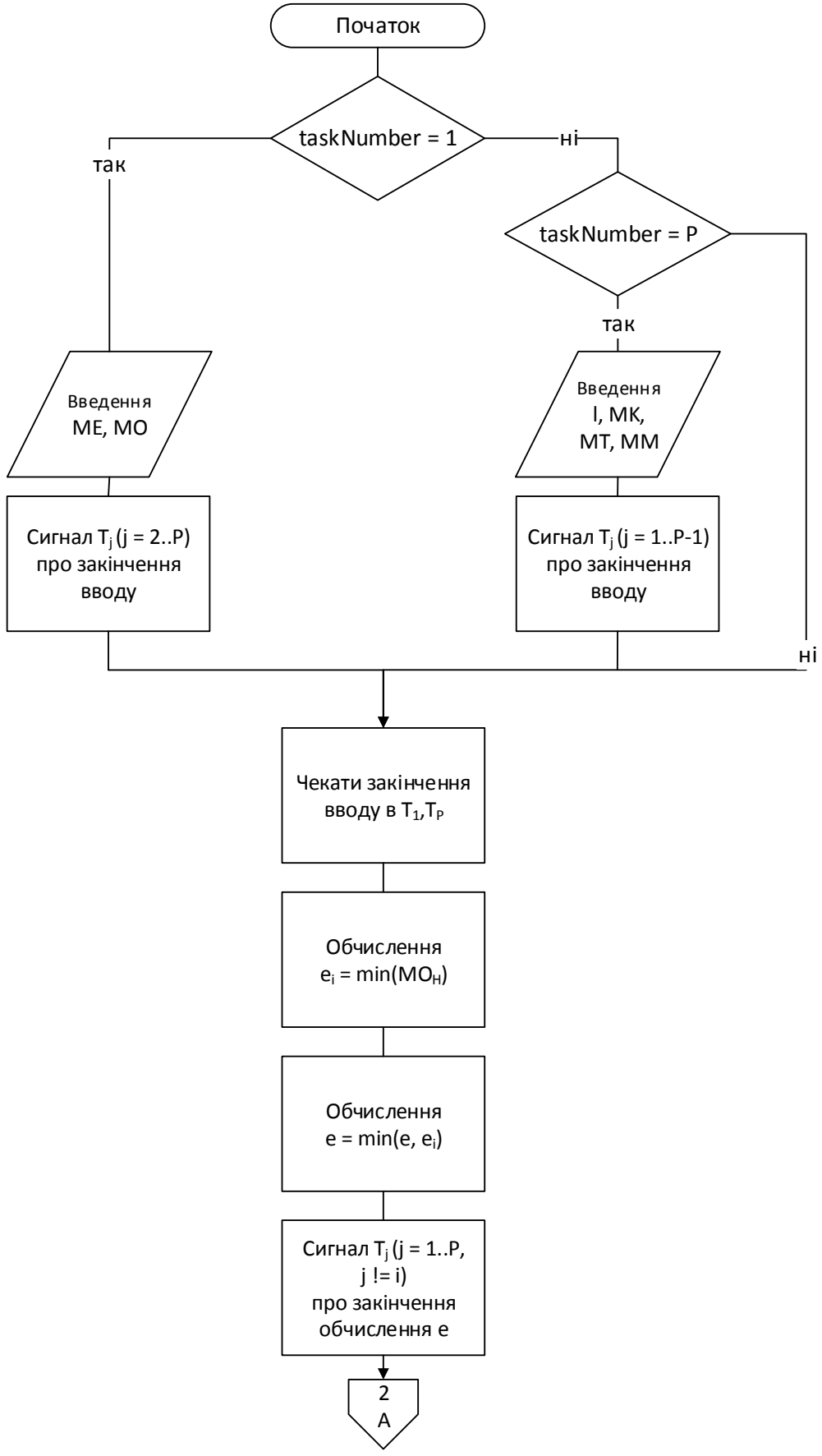


					Схема алгоритму процесів для ПКС із СП	
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*		
Розроб.		*Бута С.О.*			*Додаток В*	*Лит.* / *Лист* / *Листов*
Провір.		*Корочкін О.В.*				1 / 9
Реценз.					*Алгоритми процесів*	*НТУУ "КПІ" ФІОТ*
Н. Контр.						
Утверд.						

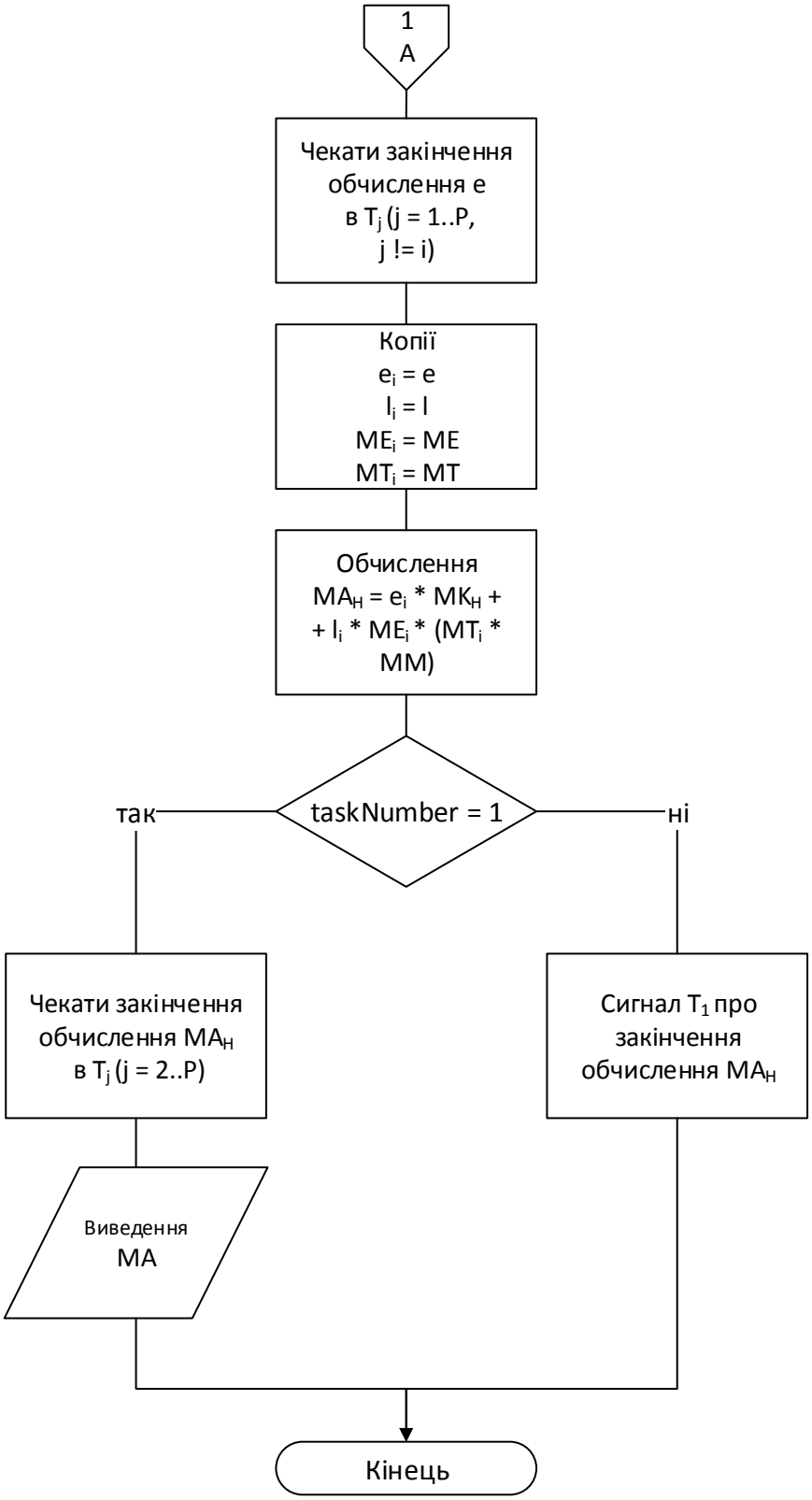


					Схема алгоритму процесів для ПКС із СП	
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*		
Розроб.		*Бута С.О.*			*Додаток В*	*Лит.* | *Лист* 2 | *Листов* 9
Провір.		*Корочкін О.В.*				
Реценз.						
Н. Контр.					*Алгоритми процесів*	*НТУУ "КПІ" ФІОТ*
Утверд.						

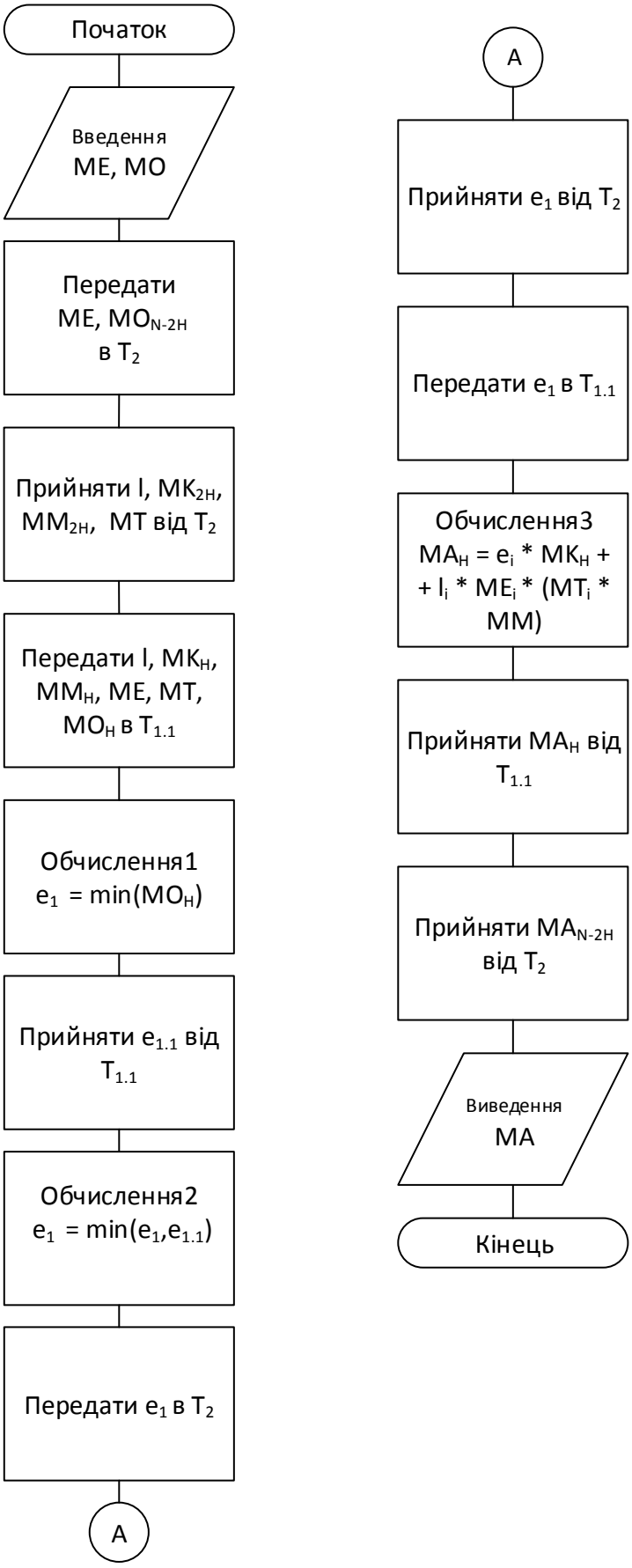


					Схема алгоритму процесу T_1 для ПКС з ЛП
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*	
Розроб.		*Бута С.О.*			*Додаток В*
Провір.		*Корочкін О.В.*			
Реценз.					*Алгоритми процесів*
Н. Контр.					
Утверд.					

Лит.	*Лист*	*Листов*
	3	9

НТУУ "КПІ" ФІОТ

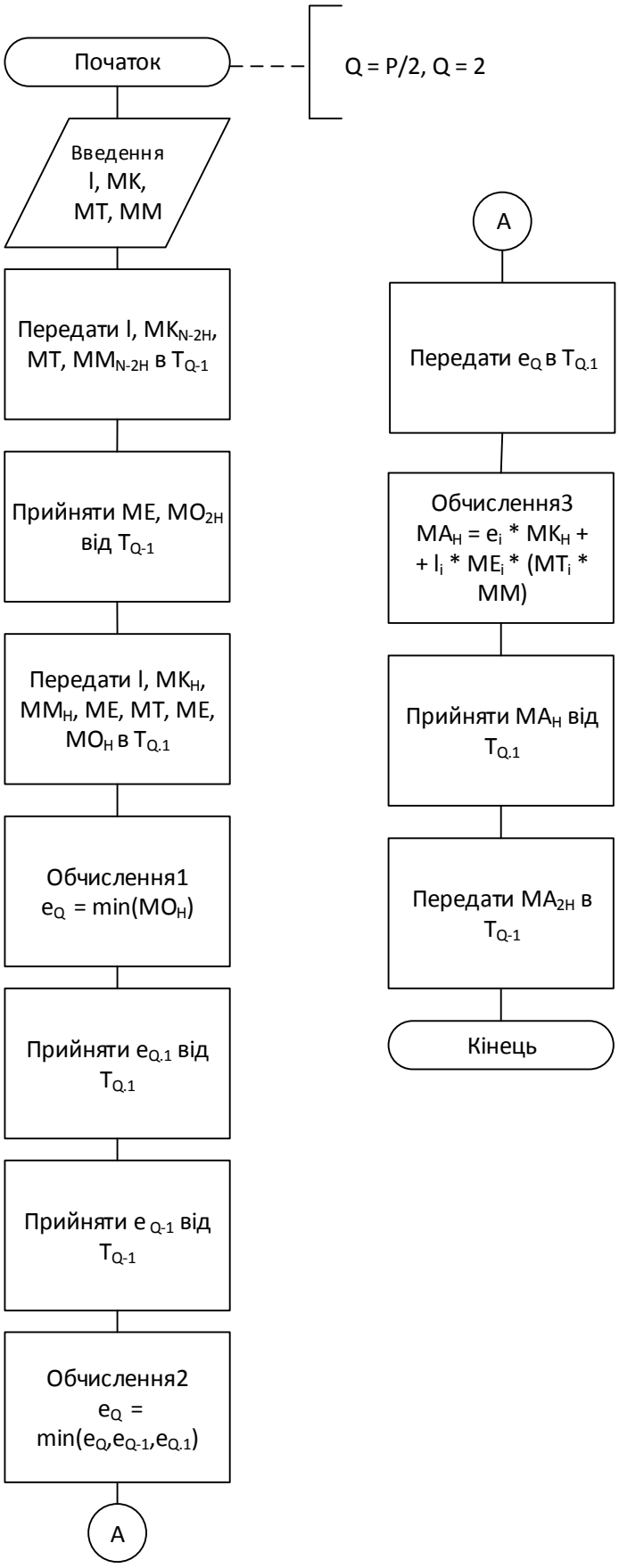


					Схема алгоритму процесу T_Q для ПКС з ЛП	
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*		
Розроб.		*Бута С.О.*			*Додаток В*	*Лит.* *Лист* *Листов*
Провір.		*Корочкін О.В.*				4 9
Реценз.						
Н. Контр.					*Алгоритми процесів*	*НТУУ "КПІ" ФІОТ*
Утверд.						

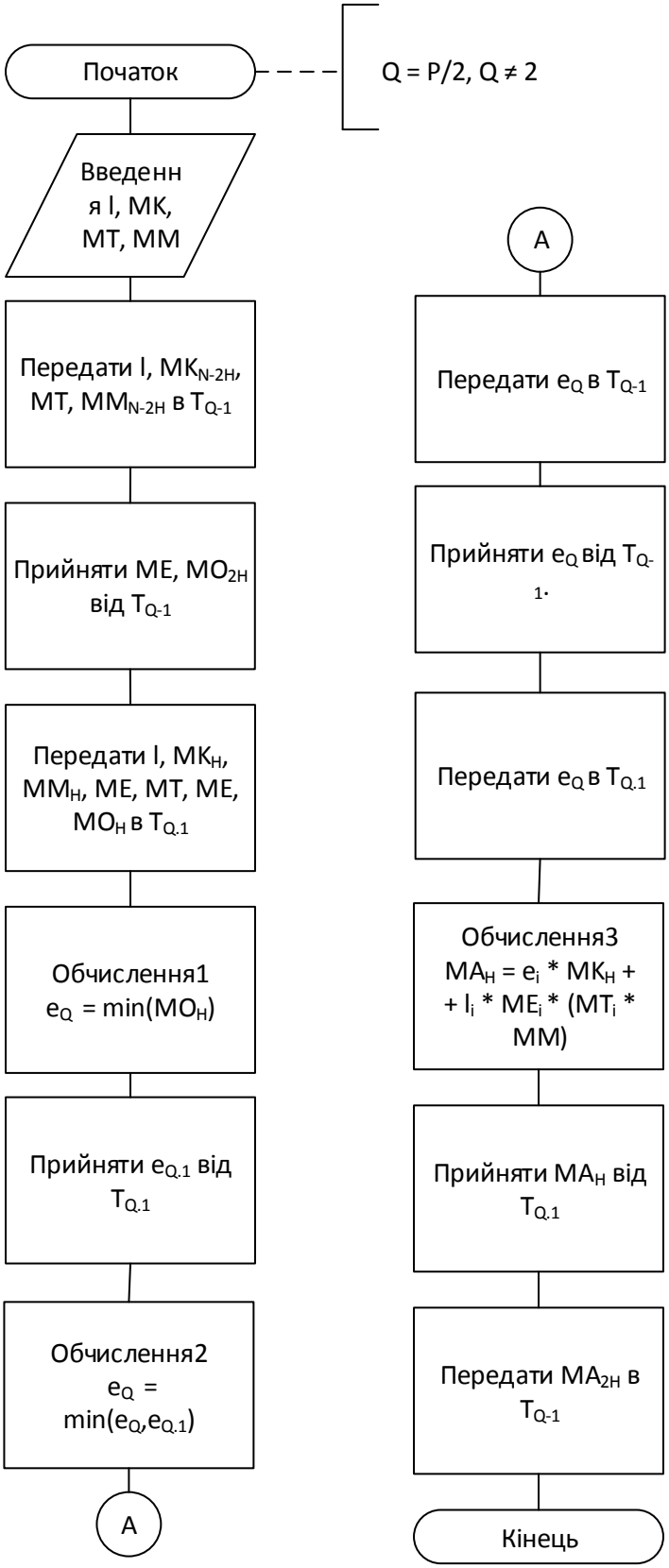


					Схема алгоритму процесу T_Q для ПКС з ЛП		
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*			
Розроб.		*Бута С.О.*			*Додаток В*	*Лит.*	*Лист*	*Листов*
Провір.		*Корочкін О.В.*					5	9
Реценз.							
Н. Контр.					*Алгоритми процесів*	*НТУУ "КПІ" ФІОТ*	
Утверд.							

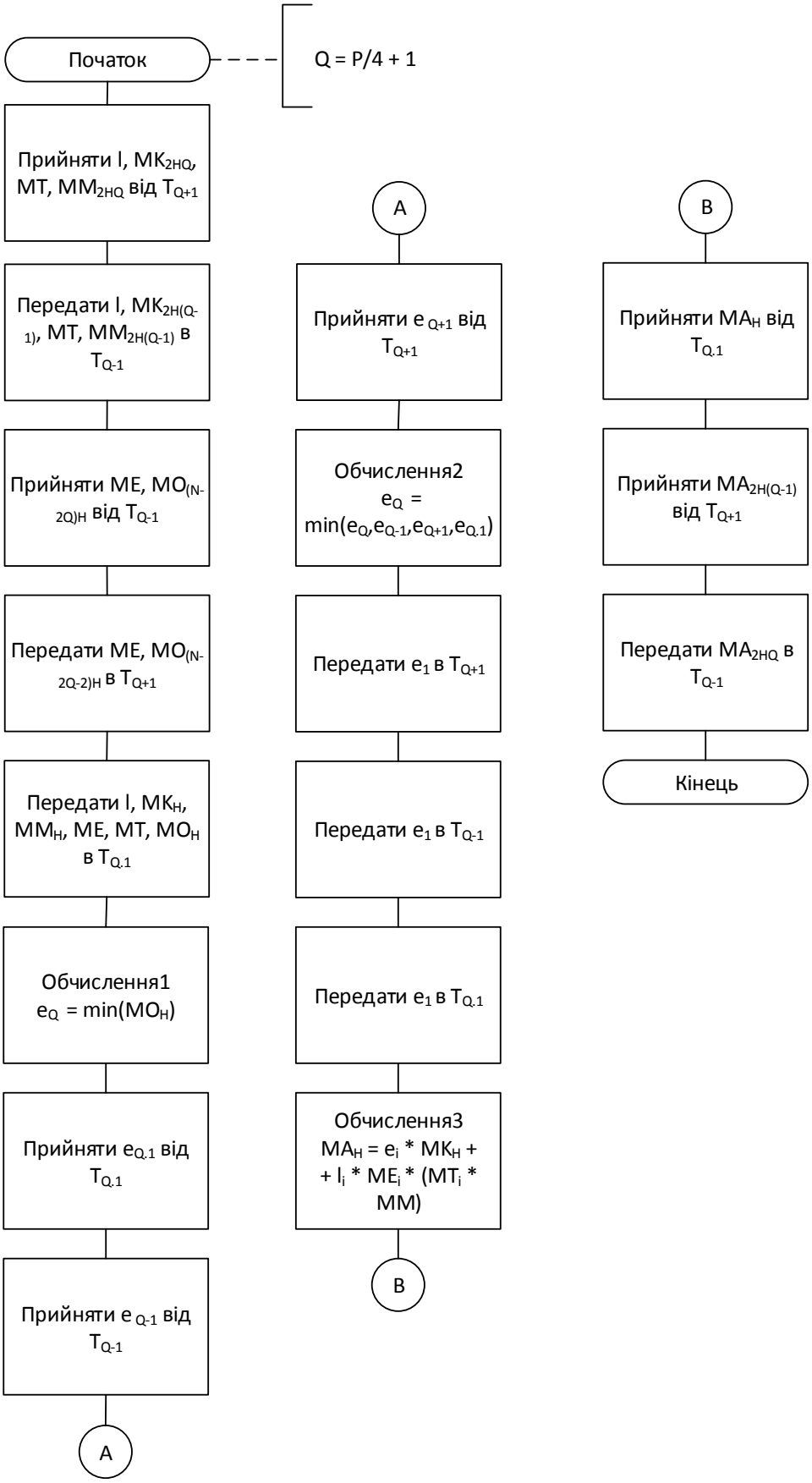


					Схема алгоритму процесу T_Q для ПКС з ЛП	
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*		
Розроб.		*Бута С.О.*			*Додаток В*	*Лит.* / *Лист* / *Листов*: 6 / 9
Провір.		*Корочкін О.В.*				
Реценз.						
Н. Контр.					*Алгоритми процесів*	*НТУУ "КПІ" ФІОТ*
Утверд.						

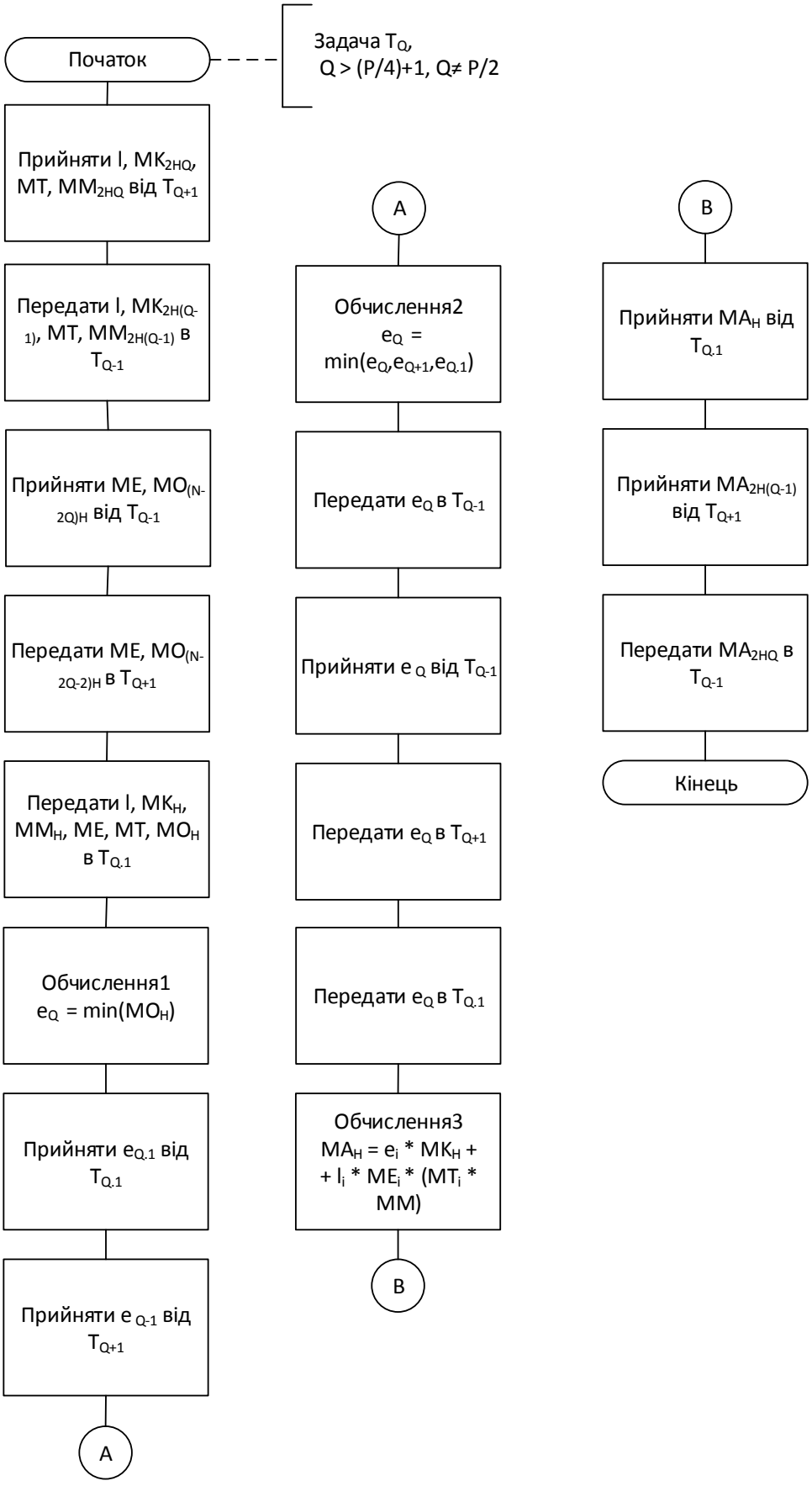


					Схема алгоритму процесу T_Q для ПКС з ЛП	
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*		
Розроб.		*Бута С.О.*			*Додаток В*	*Лит.* / *Лист* 7 / *Листов* 9
Провір.		*Корочкін О.В.*				
Реценз.						
Н. Контр.					*Алгоритми процесів*	*НТУУ "КПІ" ФІОТ*
Утверд.						

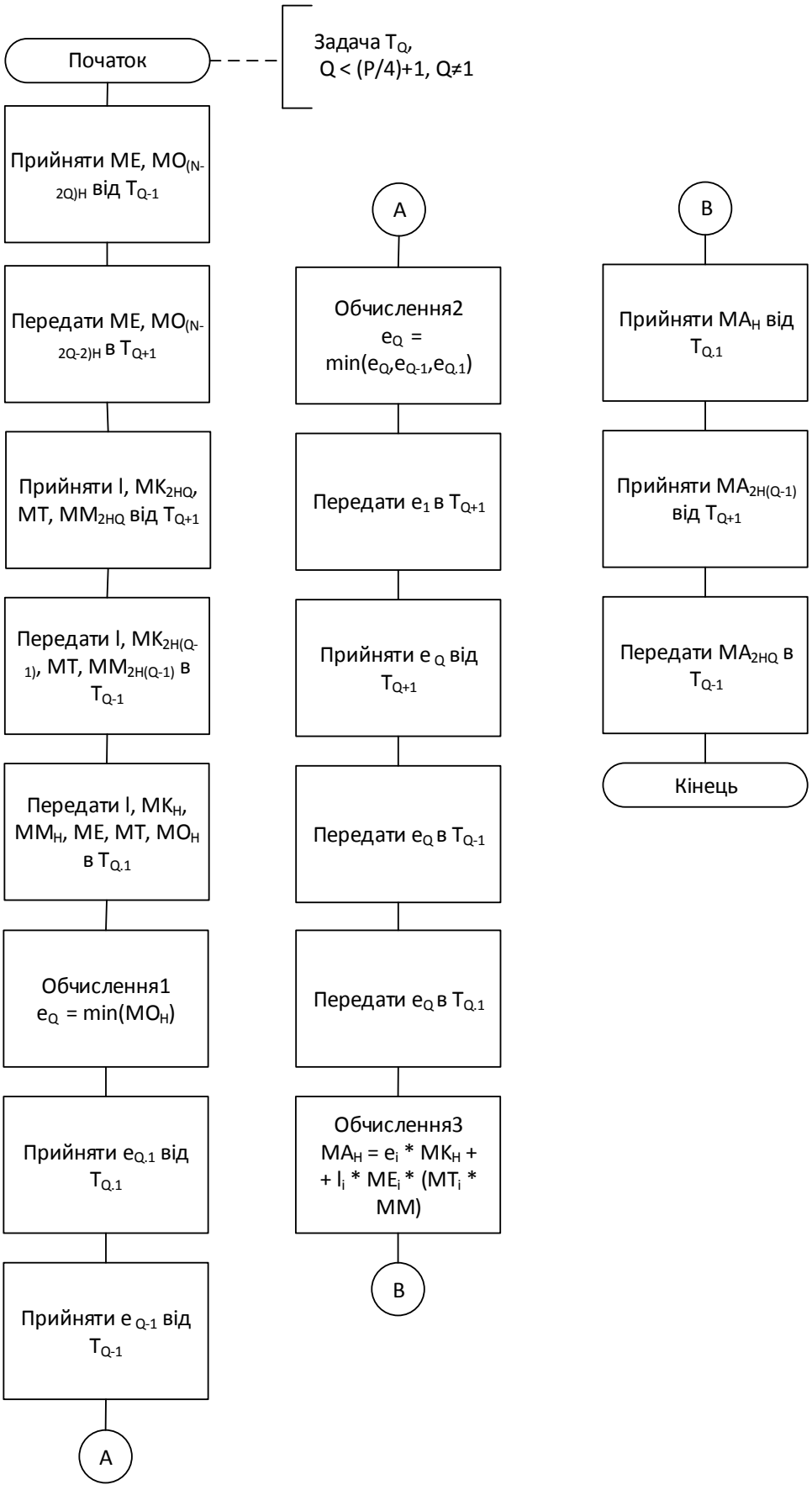


					Схема алгоритму процесу T_Q для ПКС з ЛП
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*	
Розроб.		*Бута С.О.*			*Додаток В*
Провір.		*Корочкін О.В.*			
Реценз.					*Алгоритми процесів*
Н. Контр.					
Утверд.					

Лит.	*Лист*	*Листов*
	8	9

НТУУ "КПІ" ФІОТ

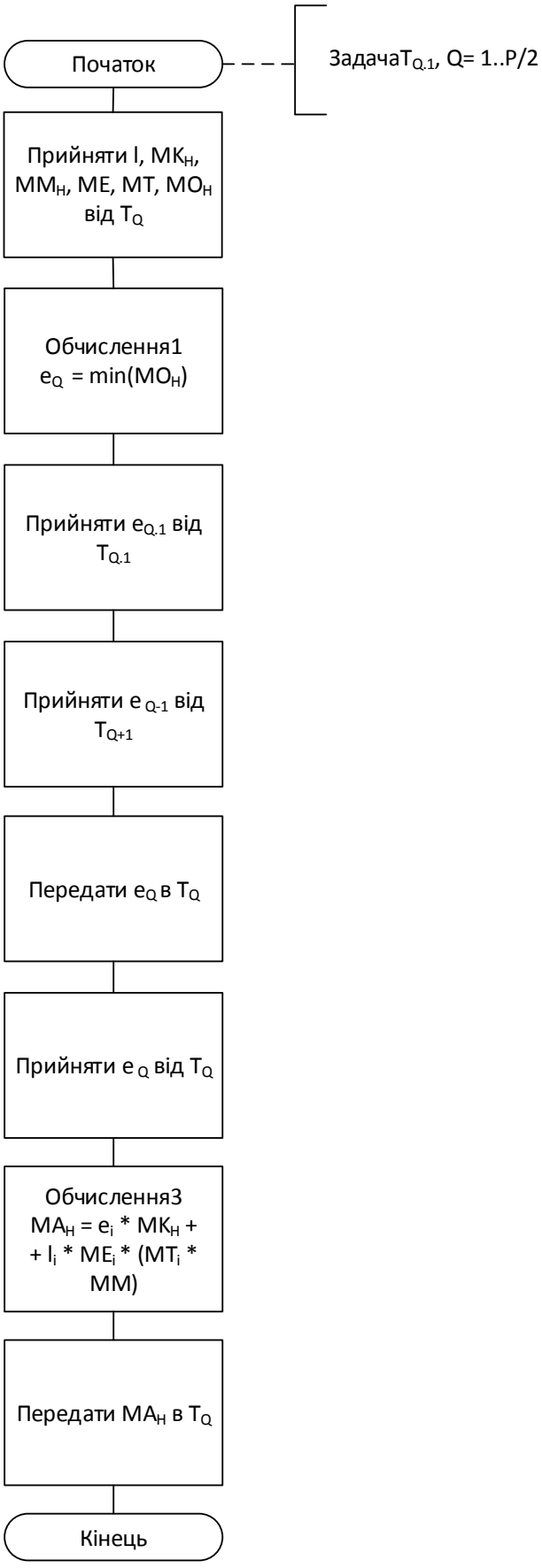
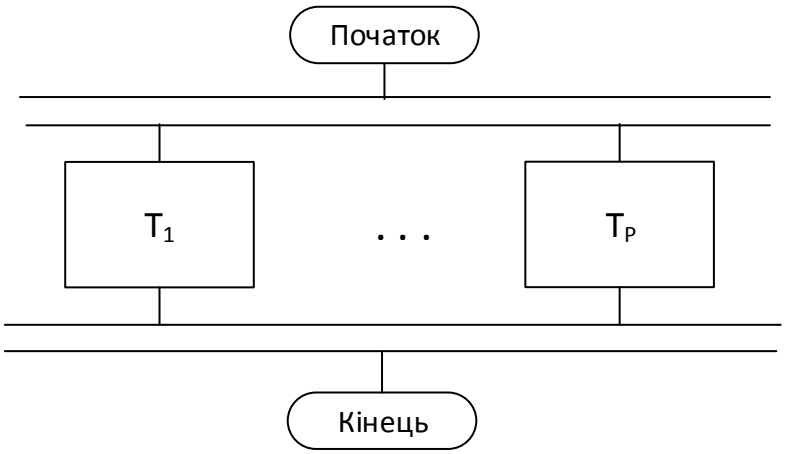


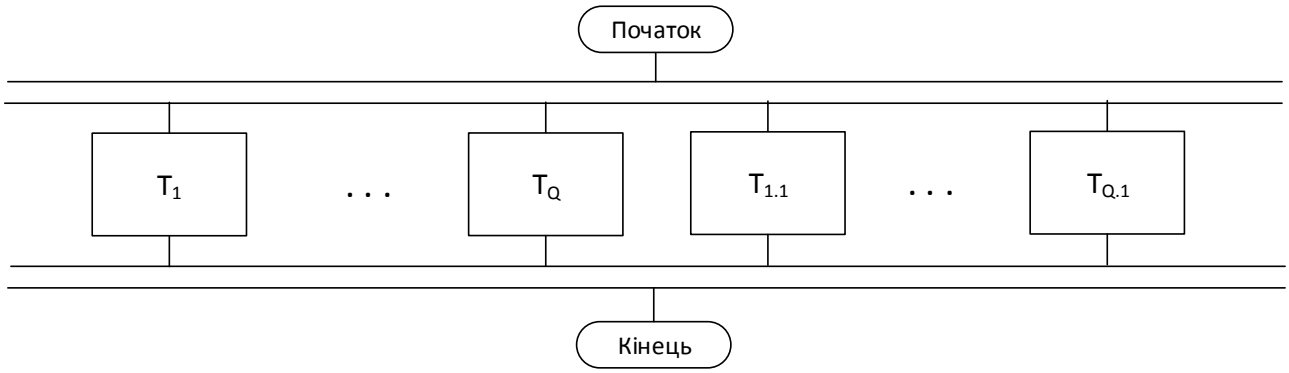
					Схема алгоритму процесу T_Q для ПКС з ЛП		
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*			
Розроб.		*Бута С.О.*			*Додаток В*	*Лит.*	*Лист*	*Листов*
Провір.		*Корочкін О.В.*					9	9
Реценз.							
Н. Контр.					*Алгоритми процесів*	*НТУУ "КПІ" ФІОТ*	
Утверд.							

Додаток Г



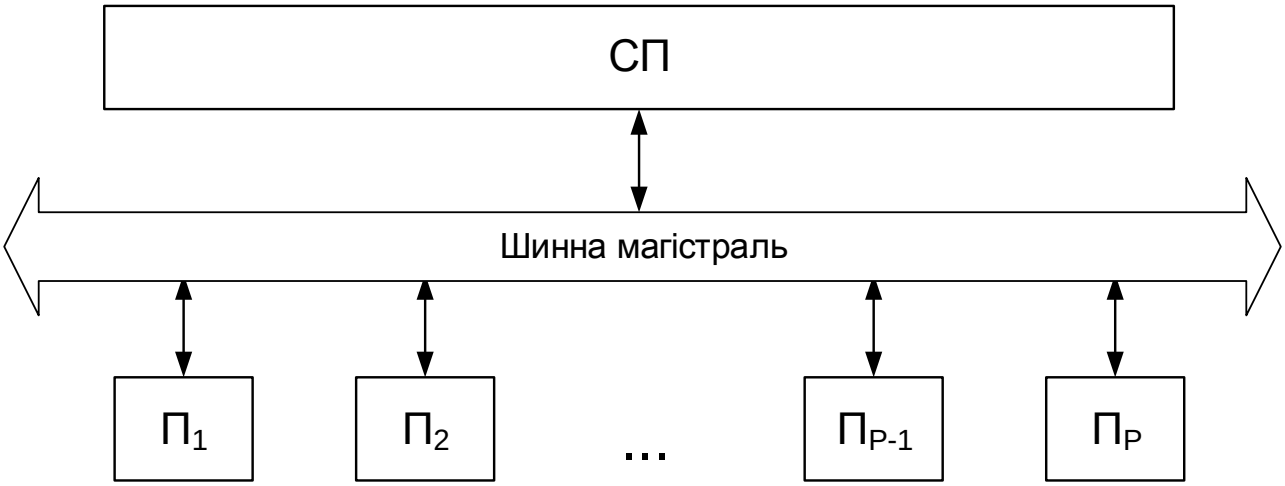
					Алгоритм основної програми для ПКС із СП		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Розроб.		Бута С.О.			Додаток Г Алгоритми процесів	Лит.	Лист 1 / Листов 2
Провір.		Корочкін О.В.					
Реценз.						НТУУ “КПІ” ФІОТ	
Н. Контр.							
Утверд.							

Q = P / 2



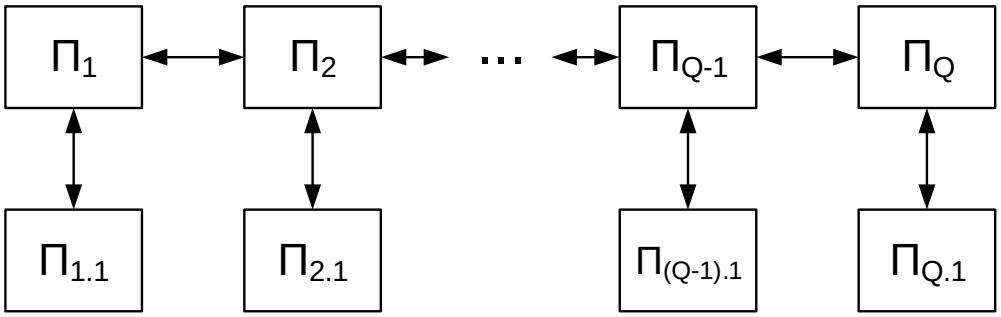
					Алгоритм основної програми для ПКС з ЛП	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Розроб.		Бута С.О.			Додаток Г	Лит. | Лист 2 | Листов 2
Провір.		Корочкін О.В.				
Реценз.						
Н. Контр.					Алгоритми процесів	НТУУ “КПІ” ФІОТ
Утверд.						

Додаток Д



					Структурна схема ПКС із СП		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Розроб.		Бута С.О.			Додаток Д	Лит.	Лист 1 / Листов 2
Провір.		Корочкін О.В.					
Реценз.							
Н. Контр.					Алгоритми процесів	НТУУ “КПІ” ФІОТ	
Утверд.							

Q = P / 2



					Структурна схема ПКС з ЛП	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Розроб.		Бута С.О.			Додаток Д	Лит. / Лист 2 / Листов 2
Провір.		Корочкін О.В.				
Реценз.					Алгоритми процесів	НТУУ “КПІ” ФІОТ
Н. Контр.						
Утверд.						