

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ПОЛЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Инженерный факультет**

**ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

## **МАТЕРИАЛЫ**

### **II международной научно–практической конференции “Инжиниринг: теория и практика”**

**Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь,  
6 мая 2022 г.**

**Пинск 2022**

УДК 62:658  
ББК 65:38  
И 62

Редакционная коллегия:

**Дунай В.И.**, ректор университета, кандидат биологических наук, доцент  
(главный редактор);

**Бубырь И.В.**, кандидат технических наук, доцент;

**Волкова В.В.**, заместитель декана инженерного факультета по учебной и научной работе,  
старший преподаватель;

**Золотарева О.А.**, проректор по учебной работе, доктор экономических наук, доцент;

**Евсеев Е.Б.**, доцент кафедры ландшафтного проектирования,  
кандидат сельскохозяйственных наук;

**Павлов П.А.**, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем,  
кандидат физико-математических наук, доцент;

**Романова М.А.**, заведующий кафедрой информационных технологий  
и интеллектуальных систем, кандидат физико-математических наук, доцент;

**Штепа В.Н.**, декан инженерного факультета, доктор технических наук, доцент;

**Шумак В.В.**, заведующий кафедрой технологий аквакультуры,  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

**Инжиниринг: теория и практика:** материалы II международной научно–  
практической конференции, УО «Полесский государственный университет», г. Пинск, 6  
мая 2022 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В.И. Дунай  
[и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2022. – 120 с.

ISBN 978–985–516–729-8

Приведены материалы участников II международной научно–практической конферен-  
ции «Инжиниринг: теория и практика».

Материалы изложены в авторской редакции.

УДК 62:658  
ББК 65:38

ISBN 978–985–729-8

© УО «Полесский государственный  
университет», 2022

**ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ЧИСЛА ПРОЦЕССОРОВ  
В МАСШТАБИРУЕМЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ**

**Коваленко Николай Семенович, д.ф.–м.н., профессор**

**Белорусский государственный университет**

**Павлов Павел Александрович, к.ф.–м.н., доцент**

**Полесский государственный университет**

Kovalenko Nikolay Semenovich, D.Sc., kovalenkons@rambler.ru

Belarus State University

Pavlov Pavel Aleksandrovich, PhD, [pavlov.p@polessu.by](mailto:pavlov.p@polessu.by)

Polesky State University

*Предлагается метод оптимизации числа процессоров при распределенной обработке конкурирующих процессов в параллельных системах.*

**Введение.** Постоянное существование задач сверхвысокой сложности: задачи проектирования сложных систем (ракетной техники, самолетов); задачи оптимизационного плана развития экономики страны или отдельного региона, сооружений, технологических процессов; задачи эффективного использования спутников Земли для развития народного хозяйства; задачи военного характера и др., характеризуются большой размерностью, десятками сотен и миллионов независимых переменных и соответствующих ограничений. Указанные задачи можно эффективно решать используя идеи распараллеливания сложных вычислительных процессов и обработки больших объемов данных и знаний с помощью параллельных многопроцессорных систем (МС) и вычислительных комплексов (ВК), “объединяя в единое целое сведения из таких областей, как архитектура компьютеров и вычислительных систем, системное программирование и языки программирования, различные методы обработки информации” [1].

**Основные понятия и определения.** Как и в [3–5] процесс будем рассматривать как последовательность блоков  $Q_1, Q_2, \dots, Q_s$ , для выполнения которых используется множество процессоров. При этом процесс будем считать *распределённым*, если все блоки или часть из них выполняются на разных процессорах. Процессы, которые для ускорения выполнения обрабатываются параллельно, взаимодействуя путем обмена информацией, будем называть *кооперативными* или *взаимодействующими* процессами. Последовательность программных блоков, которую необходимо процессорам выполнять многократно, будем называть *программным ресурсом PR*, а множество соответствующих процессов – *конкурирующими*.

Математическая модель системы распределенной обработки конкурирующих процессов включает в себя:  $s, s \geq 2$  – число блоков линейно–структурированного программного ресурса  $PR = (Q_1, Q_2, \dots, Q_s)$ ;  $n, n \geq 2$  – число распределенных относительно PR конкурирующих процессов;  $p, p \geq 2$  – число процессоров многопроцессорной системы; матрицу  $T = [t_{ij}]$  времен выполнения  $j$ -х блоков  $i$ -ми конкурирующими процессами  $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, s}$ ;  $\varepsilon$  – время, характеризующее дополнительные системные расходы по организации структурирования и параллельного использования блоков PR.

**Определение 1.** Распределенная система  $n$  взаимодействующих конкурирующих процессов называется *неоднородной*, если времена выполнения блоков PR зависят от объемов обрабатываемых данных и/или их структуры, т.е. разные для разных процессов.

Как и в [3,4] будем считать, что взаимодействие процессов, процессоров и блоков линейно–структурированного программного ресурса подчинено следующим условиям: 1) ни один из блоков PR не может обрабатываться одновременно более чем одним процессором; 2) ни один из процессоров не может обрабатывать одновременно более одного блока; 3) обработка каждого блока осуществляется без прерываний; 4) распределение блоков программного ресурса по процессорам МС

для каждого из процессов осуществляется циклически по правилу: блок с номером  $j = kp + i$ ,  $j = \overline{1, s}$ ,  $i = \overline{1, p}$ ,  $k \geq 0$ , распределяется на процессор с номером  $i$ ; 5) отсутствуют простои процессоров при условии готовности блоков, а также невыполнение блоков при наличии процессоров; 6) для каждого из  $n$  процессов момент завершения выполнения  $j$ -го блока на  $i$ -м процессоре совпадает с моментом начала выполнения следующего  $(j + 1)$ -го блока на  $(i + 1)$ -м процессоре,  $i = \overline{1, p - 1}$ ,  $j = \overline{1, s - 1}$ ; 7) для каждого из блоков структурированного программного ресурса момент завершения его выполнения  $l$ -м процессом совпадает с моментом начала его выполнения  $(l + 1)$ -м процессом на том же процессоре,  $l = \overline{1, n - 1}$ .

*Асинхронный режим* взаимодействия процессоров, процессов и блоков предполагает отсутствие простоев процессоров МС при условии готовности блоков, а также невыполнение блоков при наличии процессоров и определяется условиями 1–5.

Условия 1–4, 6 определяют *первый синхронный режим*, обеспечивающий непрерывное выполнение блоков PR внутри каждого из процессов.

*Второй синхронный режим*, определяемый условиями 1–4, 7, обеспечивает непрерывное выполнение каждого блока всеми процессами.

**Задача оптимизации числа процессоров.** В [3–5] для вычисления минимального общего времени  $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$  выполнения  $n \geq 2$  неоднородных распределенных конкурирующих процессов, использующих структурированный на  $s \geq 2$  блоков программный ресурс в многопроцессорной системе с  $p \geq 2$  процессорами с учетом параметра  $\varepsilon > 0$  в случае *неограниченного параллелизма* ( $2 \leq s \leq p$ ) был использован функционал задачи Беллмана–Джонсона, который имеет вид:

$$T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon) = \max_{1 \leq u_1 \leq u_2 \leq \dots \leq u_{s-1} \leq n} \left[ \sum_{i=1}^{u_1} t_{i1}^\varepsilon + \sum_{i=u_1}^{u_2} t_{i2}^\varepsilon + \dots + \sum_{i=u_{s-1}}^n t_{is}^\varepsilon \right],$$

где  $t_{ij}^\varepsilon = t_{ij} + \varepsilon$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$ , а  $u_1, u_2, \dots, u_{s-1}$  – целые положительные числа.

Было также предложено графоаналитическое решение задачи определения  $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ , доказаны следующие теоремы.

**Теорема 1.** Минимальное общее время выполнения  $n$ ,  $n \geq 2$ , неоднородных распределенных конкурирующих процессов, использующих структурированный на  $s$ ,  $s \geq 2$ , блоков программный ресурс с временами выполнения блоков, задаваемыми матрицей  $T^\varepsilon = [t_{ij}^\varepsilon]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$ , в многопроцессорной системе с  $p$ ,  $p \geq 2$ , процессорами в асинхронном режиме в случае  $2 \leq s \leq p$ , определяется длиной критического пути в сетевом вершинно–взвешенном графе  $G_1^{ac}$  из начальной вершины  $t_{11}^\varepsilon$  в конечную  $t_{ns}^\varepsilon$ .

**Теорема 2.** Минимальное общее время  $T_n^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$  выполнения  $n$ ,  $n \geq 2$ , неоднородных распределенных конкурирующих процессов, использующих линейно структурированный на  $s$ ,  $s \geq 2$ , блоков программный ресурс с временами выполнения блоков, задаваемыми матрицей  $T^\varepsilon = [t_{ij}^\varepsilon]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$ , в многопроцессорной системе с  $p$ ,  $p \geq 2$ , процессорами и до-

полнительными системными расходами  $\varepsilon > 0$ , в асинхронном режиме в случае  $s = kp + r$ ,  $k \geq 1$ ,  $1 \leq r < p$ , определяется длиной критического пути из начальной вершины  $t_{11}^\varepsilon$  в конечную вершину  $t_{(k+1)n, (k+1)p}^\varepsilon$  сетевого вершинно-взвешенного графа  $G_2^{ac}$ .

Несомненно, время выполнения всех распределенных конкурирующих процессов  $T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$  будет существенно зависеть от количества имеющихся процессоров. Задача состоит в том, чтобы при заданных  $n, s, \varepsilon, [t_{ij}]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$ , и заданного директивного времени выполнения всех распределенных конкурирующих процессов  $d$ , найти оптимальное число процессоров  $p^*$ , обеспечивающих директивное время выполнения. Решение данной задачи рассмотрим для общего случая *асинхронного режима*, т.е. когда процессы являются *неоднородными*.

Для изложения метода решения поставленной задачи, кроме введенных выше параметров математической модели  $p, n, s, \varepsilon$  и  $d$ , нам понадобятся:  $M_q$  – двумерный массив переменной длины, составленный специальным образом из элементов матрицы  $[t_{ij}^\varepsilon]$ , где  $t_{ij}^\varepsilon = t_{ij} + \varepsilon$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$ ,  $q, q \in N$  – порядковый номер результирующей матрицы времен выполнения блоков (двумерного массива переменной длины  $M_q$ ), а также приведенные ниже определение и теорема.

**Определение 2.** Число процессоров МС будем называть *достаточным* и обозначать  $p^S$  при заданных  $n, s$ , если  $p^S = s$ .

Обозначим через  $T_H^{ac}(p^S, n, s, \varepsilon)$  минимальное общее время выполнения множества конкурирующих процессов при достаточном числе процессоров  $p^S$ , а  $T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$  – минимальное общее время при исходном числе процессоров  $p$ . Имеет место теорема.

**Теорема 3.** При заданных  $n, s, \varepsilon, [t_{ij}]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$ , в случае достаточного ( $p^S = s$ ) и ограниченного ( $p < s$ ) числа процессоров МС имеет место соотношение  $T_H^{ac}(p^S, n, s, \varepsilon) \leq T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ .

Теорема 3 является отправной точкой для построения метода нахождения оптимального числа процессоров  $p^*$ , обеспечивающих директивное время  $d$  выполнения неоднородных конкурирующих процессов при распределенной обработке в условиях асинхронного режима их взаимодействия.

**Входные данные:**  $p, p \geq 2$  – заданное (исходное) число процессоров;  $n, n \geq 2$  – число конкурирующих неоднородных распределенных процессов;  $s, s \geq 2$  – число блоков линейно-структурированного программного ресурса;  $M$  – двумерный массив, содержащий элементы исходной матрицы с учетом дополнительных системных расходов  $\varepsilon [t_{ij}^\varepsilon]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$ ;  $d$  – заданное (директивное) время выполнения конкурирующих процессов.

**Выходные данные:**  $p^*$  – минимальное (оптимальное) число процессоров, обеспечивающих выполнение конкурирующих процессов за директивное время  $d$ ;  $M_q$  – двумерный массив, со-

держащий результирующую матрицу времен выполнения блоков программного ресурса вида (1);  $q$  – порядковый номер результирующей матрицы времен выполнения блоков программного ресурса PR.

**Метод.**

Если  $d < T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon)$ , то полагаем  $p^* = 0$ , т.е. директивное время выполнения конкурирующих процессов  $d$  не может быть реализовано в заданных условиях ни для какого числа процессоров.

Пусть  $d \geq T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon)$  и число процессоров MC является ограниченным, т.е.  $s > p$ .

Тогда между  $d, T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon), T_H^{ac}(p < s, n, s, \varepsilon)$  возможны следующие случаи:

- если  $T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon) \leq d = T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$  или  $d > T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ , то нахождение  $p^*$  осуществляется методом деления пополам отрезка  $[2, p]$ ;
- если  $T_H^{ac}(p^*, n, s, \varepsilon) \leq d < T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$ , то нахождение  $p^*$  осуществляется методом деления пополам отрезка  $[p, p^s]$ .

Пусть  $s \leq p$ . Тогда нахождение  $p^*$  осуществляется методом деления отрезка  $[2, p^s]$  пополам.

Нетрудно подсчитать, что сложность алгоритма нахождения оптимального числа процессоров  $p^*$ , базирующегося на предложенном методе, составляет величину  $O((k+1)np \log_2 p)$  операций в худшем случае.

На рис.1 приводится графическая интерпретация зависимости величины  $T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$  от числа процессоров  $p$ , а также указаны величины  $d, T_H^{ac}(p^s, n, s, \varepsilon), p^*$  и  $p^s$ . Из рисунка видно, что величина  $p^*$  определяется либо как точка пересечения прямой  $d$  с дискретной линией, определяющей зависимость  $T_H^{ac}(p, n, s, \varepsilon)$  от  $p$ , либо как ближайшая точка, которая находится ниже прямой  $d$ .

**Пример.** Пусть  $p = 3, n = 3, s = 9, d = 48$ , а исходная матрица времен выполнения блоков с учетом дополнительных системных расходов по организации структурирования и параллельного использования блоков PR  $\varepsilon$  имеет вид:

$$T^\varepsilon = M = \begin{bmatrix} 4 & 1 & 3 & 5 & 2 & 4 & 7 & 3 & 1 \\ 2 & 6 & 4 & 1 & 5 & 3 & 4 & 2 & 8 \\ 5 & 3 & 1 & 7 & 4 & 2 & 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}.$$

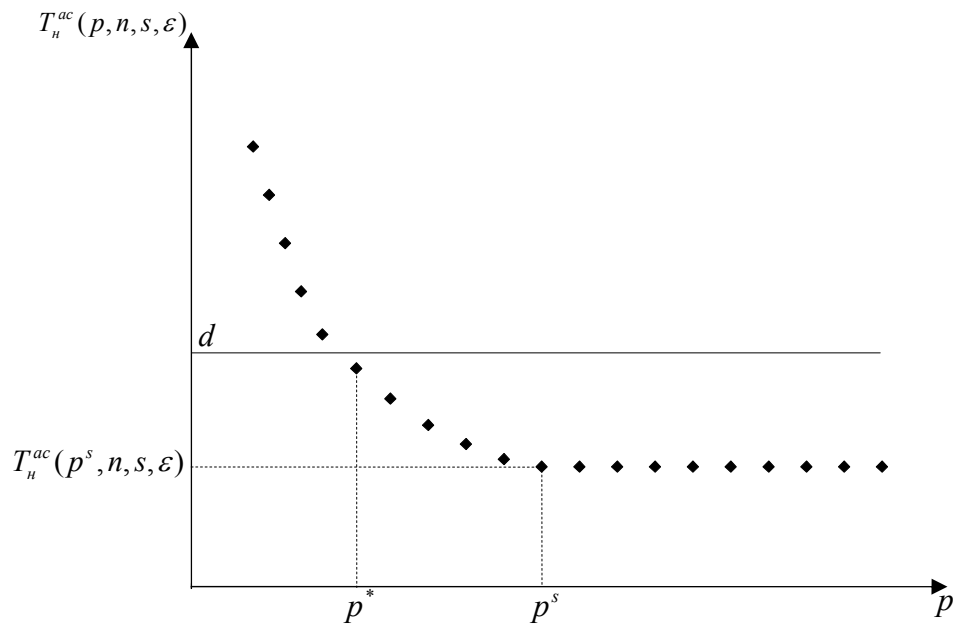


Рисунок 1. – Зависимости  $T_n^{ac}(p, n, s, \epsilon)$  от числа процессоров

В данном случае достаточное число процессоров  $p^s = 9$ .

- По исходной матрице  $M$  строим вершинно-взвешенный граф  $G_1^{ac}$  (Рис.2) и находим величину  $T_n^{ac}(p^s = 9, n, s, \epsilon) = 45$ .

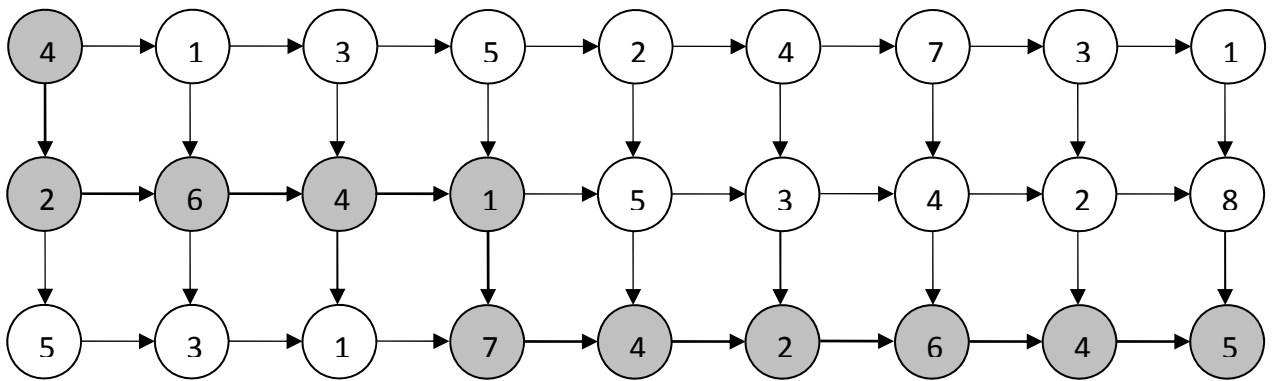


Рисунок 2. – Вершинно-взвешенный граф  $G_1^{ac}$

По исходным данным  $p, n, s$  и  $M$  строим результирующую матрицу  $T^*$  вида:

$$T^* = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{4} & 1 & 3 \\ \hat{2} & \hat{6} & \hat{4} \\ 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 5 & 2 & 4 \\ \hat{1} & 5 & 3 \\ \hat{7} & 4 & 2 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 7 & 3 & 1 \\ 4 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 5 & 2 & 4 \\ 1 & 5 & 3 \\ 7 & 4 & 2 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \hat{7} & 3 & 1 \\ \hat{4} & 2 & 8 \\ \hat{6} & \hat{4} & \hat{5} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 7 & 3 & 1 \\ 4 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{bmatrix}.$$

С помощью этой матрицы определяем величину  $T_H^{ac}(p=3, n, s, \varepsilon) = 50$ , которая и будет определять минимальное общее время выполнения неоднородных распределенных конкурирующих процессов в асинхронном режиме на  $p=3$  процессорах. Оно совпадает со значением времени выполнения процессов в совмещенной диаграмме Ганта (Рис.3).

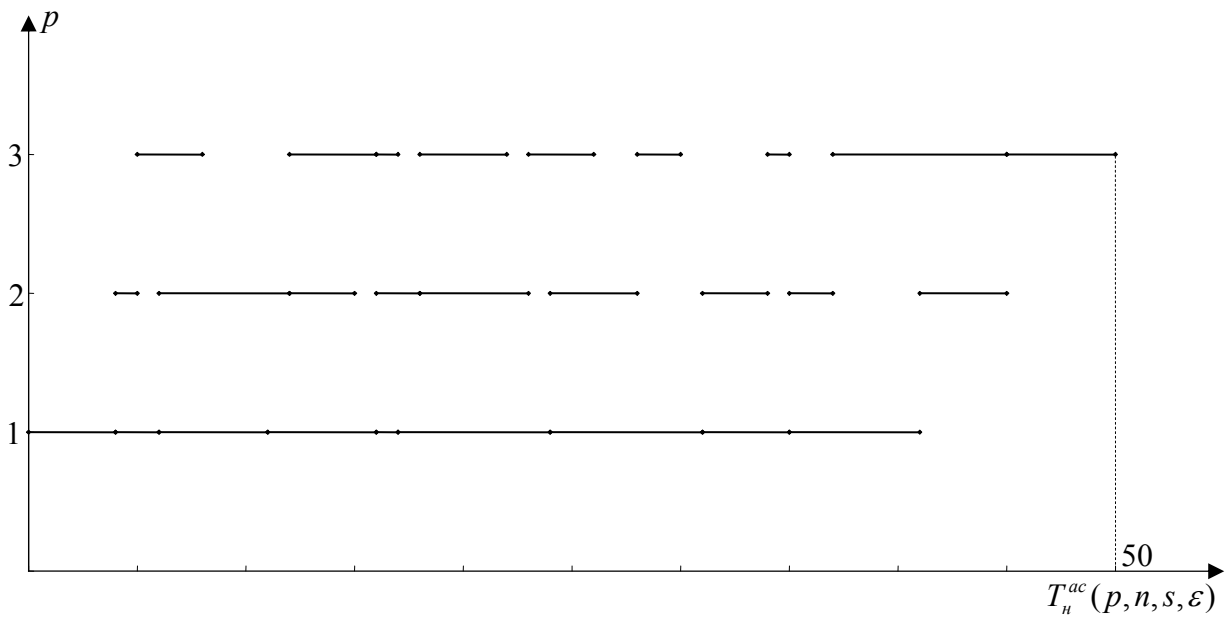


Рисунок 3. – Совмещенная диаграмма Ганта

Учитывая, что  $T_H^{ac}(p^s=9, n, s, \varepsilon) = 45 \leq d = 48 < T_H^{ac}(p=3, n, s, \varepsilon) = 50$ , рассмотрим отрезок  $[3,9]$ .

2. Методом деления отрезка  $[3,9]$  пополам находим  $p_1 = 6$  и строим по заданным  $n, s$  и полученному  $p_1 = 6$  результирующую матрицу  $M_1$  вида:



$$M_1 = \left[ \begin{array}{cccccc} \hat{4} & 1 & 3 & 5 & 2 & 4 \\ \hat{2} & \hat{6} & \hat{4} & \hat{1} & 5 & 3 \\ 5 & 3 & 1 & \hat{7} & \hat{4} & \hat{2} \\ 7 & 7 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 4 & 5 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \left[ \begin{array}{cccccc} 7 & 7 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ \hat{6} & \hat{4} & \hat{5} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right].$$

С помощью матрицы  $M_1$  вычисляем величину  $T_H^{ac}(p_1 = 6, n, s, \varepsilon) = 45$ . Так как  $T_H^{ac}(p_1 = 6, n, s, \varepsilon) = 45 \leq d = 48$ , то рассматриваем отрезок  $[3, 6]$ .

3. Методом деления отрезка  $[3, 6]$  пополам находим  $p_2 = 4$ , причем в качестве  $p_2$  берем величину, которая является наименьшим целым полусуммы чисел 3 и 6. Далее, по заданным  $n, s$  и полученному значению  $p_2 = 4$  строим результирующую матрицу  $M_2$  вида:

$$M_2 = \left[ \begin{array}{cccc} \hat{4} & 1 & 3 & 5 \\ \hat{2} & \hat{6} & \hat{4} & \hat{1} \\ 5 & 3 & 1 & \hat{7} \\ 2 & 4 & 7 & 7 \end{array} \right] \left[ \begin{array}{cccc} 2 & 4 & 7 & 7 \\ 5 & 3 & 4 & 2 \\ \hat{4} & \hat{2} & \hat{6} & \hat{4} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \left[ \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 \\ \hat{5} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right].$$

С помощью матрицы  $M_2$  вычисляем величину  $T_H^{ac}(p_2 = 4, n, s, \varepsilon) = 45$ . Таким образом, директивное время  $d = 48$  выполнения  $n = 3$  процессов реализуется при  $p_2 = 4$ , так как  $d = 48 > T_H^{ac}(p_2 = 4, n, s, \varepsilon) = 45$  и не реализуется при  $p = 3$ , так как  $d = 48 < T_H^{ac}(p = 3, n, s, \varepsilon) = 50$ . Следовательно,  $p^* = 4$ .

**Заключение.** Проведенные исследования позволяют давать практические рекомендации по оптимальной организации параллельных процессов, конкурирующих за использование общих программных ресурсов в различных режимах их взаимодействия применительно к многопроцессорным вычислительным системам и вычислительным комплексам, что является отправной точкой для решения ряда практических задач при проектировании сетевых многопроцессорных вычислительных систем и вычислительных комплексов, вычислительных систем с технологией клиент-сервер и кластерного типа, при создании системного и прикладного программного обеспечения. Предложенные методы и математические модели позволяют решать проблемы эффективного отображения параллельных алгоритмов и соответствующих программных реализаций с учетом архитектурных особенностей МС и ВК, проблемы разработки и математического обоснования приемов ускорения вычислений на базе принципов распараллеливания, конвейеризации.

### Список использованных источников

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ–Петербург, 2002. – 608 с.
2. Капитонова Ю.В., Летичевский А.А. Математическая теория проектирования вычислительных систем. – М.: Наука, 1988. – 296 с.
3. Коваленко Н.С., Павлов П.А. Математическое моделирование параллельных процессов. LAP Lambert Academic Publishing GmbH, Saarbrücken, Germany, 2011. – 246 с.
4. Коваленко Н.С., Павлов П.А. Алгоритм построения оптимальной компоновки одинаково распределенных систем / Н.С. Коваленко, П.А. Павлов // Программирование. – 2012. – №3.– С. 3–10.
5. Kovalenko N.S., Pavlov P.A. Optimal Grouping Algorithm of Identically Distributed Systems / N.S. Kovalenko, P.A. Pavlov // Programming and Computer Software. – 2012. – Vol.38, №3. – PP. 143–150.

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

<b>Бусько М.М.</b> Оценка возможности возникновения угрозы информационной безопасности на основе нечетких множеств.....	3
<b>Володько Л.П., Володько О.В.</b> Результаты экспертных оценок качества дистанционных банковских услуг по технологиям их предоставления.....	7
<b>Кисель Т.В.</b> Организация конкурсного отбора по объединенным группам специальностей....	10
<b>Коваленко Н.С., Павлов П.А.</b> Задача оптимизации числа процессоров в масштабируемых распределенных системах.....	13
<b>Мусафиров Э.В.</b> Неустойчивость нулевого решения допустимо возмущенной обобщенной системы Лэнгфорда.....	20
<b>Павлов П.А.</b> Оптимальность масштабируемых распределенных систем конкурирующих процессов.....	24
<b>Погребняк М.А.</b> Моделирование движения транспортного потока.....	30
<b>Янковский И.А.</b> Инструменты анализа опроса по доверию к национальной валюте.....	31

### ИНЖИНИРИНГ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Дунай В.И., Штепа В.Н., Глинская Н.А.</b> О некоторых аспектах использования нейронных сетей при решении задач биоинформатики.....	35
<b>Клаченков В.А.</b> Анализ оборудования локально-вычислительной сети.....	38
<b>Лагутина К.В., Лагутина Н.С.</b> Анализ стиля русскоязычных текстов с использованием ритмических характеристик.....	42
<b>Штепа В.Н., Ерш Я.Ю.</b> Цифровизация водопроводно-канализационного хозяйства с учетом требований экологической безопасности окружающей среды.....	45

### ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПЕРЕРАБОТКИ ЕЕ ПРОДУКЦИИ

<b>Астренков А.В., Литвинчук К.Г., Лихота В.Ю., Демьянец О.Н., Ковалец А. Н.</b> Скорость роста клариевого сома на экспериментальных комбикормах.....	48
<b>Баран В.В., Бубырь И.В.</b> Анализ качества комбикормов для рыб.....	51
<b>Бубырь И.В.</b> Производство рыбоовощных салатов – одно из перспективных направлений переработки рыбы.....	54
<b>Волкова А.Ю.</b> Аквакультура как основа формирования продовольственной безопасности северных территорий на примере Республики Карелия.....	58
<b>Жарикова А.О., Барулин Н.В.</b> Оценка влияния фульвовой кислоты на размножение данио рерио.....	61
<b>Жарынина А.В., Шумак В.В.</b> Обоснование повышения эффективности использования водных ресурсов.....	65
<b>Козырь А.В., Штепа В.Н.</b> Концепция интеллектуальной системы поддержки принятия решения в индустриальной аквакультуре.....	68
<b>Лихота В.Ю., Астренков А.В., Литвинчук К.Г.</b> Первый опыт получения потомства черной львинки ( <i>Hermetia illucens</i> ).....	71
<b>Новик А.К., Шумак В.В.</b> Моделирование процессов в аквакультуре.....	74
<b>Хуобонен М.Э., Каменев И.В.</b> Рыбоводно-биологические показатели клариевых сомов и изменение гидрохимических показателей воды в период запуска биофильтра в УЗВ.....	77
<b>Шумак В.В., Будкевич В.В.</b> Характеристики потребленной пищи при выращивании карпа... <b>Ярмошевич Ю.А., Шумак В.В.</b> Тенденции развития форелеводства в Республике Беларусь. <b>Ярмош В.В.</b> Рыбоводно-технологическая и экономическая эффективность использования модульных горизонтальных инкубационных аппаратов при воспроизводстве клариевого сома.....	79 82 84

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДЫ:**

### **ДОСТИЖЕНИЯ, ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

<b>Блох В.Г., Левшук О.Н.</b> Оценка декоративных признаков и санитарного состояния ценных древесных растений на территории ООПТ Припятского Полесья.....	89
<b>Дунай В.И., Волкова В.В.</b> Планировочные модели характерных типов экологических парков на территории белорусского Полесья (с петельной, линейной и рассредоточенной планировкой).....	92
<b>Левшук О.Н., Блох В.Г.</b> Формирование архитектурно-художественного облика прихрамовых территорий Давид-Городка и его окрестностей приемами озеленения.....	97
<b>Рахимов Ш.Т.</b> Исследования закладочных смесей на основе отходов промышленности.....	101
<b>Федосеева Е.А., Педченко А.П., Камшуков С.В.</b> Анализ подходов к расчету предельно допустимых объемов выпуска молоди осетровых видов рыб в водные объекты рыбохозяйственного значения.....	104
<b>Штепа В.Н., Шикунец А.Б.</b> Оценка электролизных способов интенсификации процессов анаэробного сбраживания.....	107
<b>Яхновец М.Н.</b> Создание информационной системы слежения за появлением и расселением инвазионных видов растений на территории Республики Беларусь.....	109
<b>УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ</b>	
<b>Евсеев Е.Б., Филипенко В.С.</b> Формирование устойчивого развития агропромышленного Комплекса региона Припятского Полесья через создание прочной кормовой базы на загрязненных радионуклидами землях.....	112
<b>Рыбалко Ю.А.</b> Перспективы развития интеграционных взаимодействий в агропродовольственной среде в условиях цифровизации.....	115

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ

II международной заочной научно–практической конференции  
**“Инжиниринг: теория и практика”**

Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь,  
6 мая 2022 г.

За содержание и достоверность информации  
в материалах сборника отвечают авторы

Формат 60×84/8 Гарнитура Times  
Усл. печ. л. 13,95. Уч.–изд.л. 8,65.