

# Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал  
№ 7 (110)/2023 Том 1

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Макаровский Денис Анатольевич**

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

• **Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

• **Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

• **Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович  
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:  
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А  
E-mail: [info@euroasia-science.ru](mailto:info@euroasia-science.ru) ;  
[www.euroasia-science.ru](http://www.euroasia-science.ru)

Учредитель и издатель ООО «Логика+»  
Тираж 1000 экз.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Гасымов Гасым Г., Мусаев Али М.*

ПОДХОД К ЧИСЛЕННОМУ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ  
УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ, ОПИСЫВАЕМЫМИ  
НАГРУЖЕННЫМИ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИМИ  
УРАВНЕНИЯМИ .....3

*Даниловских М.Г., Летенков О.В.*

КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ.....6

*Оганесян*

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR CLOUD  
SOFTWARE TESTING IN ORDER TO REDUCE THE COST  
OF ITS DESIGN .....11

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

УДК 519.6

**ПОДХОД К ЧИСЛЕННОМУ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ, ОПИСЫВАЕМЫМИ НАГРУЖЕННЫМИ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИМИ УРАВНЕНИЯМИ***Гасымов Гасым Г.,**к.т.н., доцент**Азербайджанский Государственный**Нефтяной и Промышленный Университет, г. Баку**Мусаев Али М.,**к.ф.м.н., доцент**Азербайджанский Государственный**Нефтяной и Промышленный Университет, г. Баку*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.110.1823

В данной работе предложен общий подход к решению задач оптимального управления объектами, описываемыми интегрально нагруженными гиперболическими уравнениями. Подход основан на редукции исходной задачи к задаче конечномерной оптимизации, описываемой разностными уравнениями. Относительно редуцированной задачи получены формулы для компонент градиента целевой функции.

**Ключевые слова:** задача оптимального управления, интегральное нагружение, гиперболическое уравнение, оптимизация, импульс, градиент функционала.

**1. Введение.** Многие тепловые биологические процессы и процессы подземного движения вод достаточно адекватно описываются нагруженными гиперболическими уравнениями. Нагружения могут быть как точечные (в общем  $n$ -мерном случае  $(n-1)$ -ой размерности), так интегральными.

В данной работе предложен общий подход к решению задач оптимального управления объектами, описываемыми интегрально-нагруженным гиперболическим уравнением. Подход основан на редукции исходной задачи к задаче конечномерной оптимизации, описываемой разностными уравнениями.

Относительно редуцированной задачи получены формулы для компонент градиента целевой функции. Эти формулы позволяют использовать для численного решения исходной задачи оптимального управления эффективные методы оптимизации первого порядка и соответствующие стандартные пакеты прикладных программ конечномерной оптимизации.

**2. Постановка задач.** Пусть рассматриваемый управляемый процесс описывается следующей краевой задачей относительно интегро-дифференциального уравнения гиперболического типа:

$$p_{tt}(x, t) = ap_{xx}(x, t) + \int_{t-\tau}^t K(x, t, v)p(x, v)dv + \phi_0(x, t), \\ (x, t) \in \Omega = (0, l) \times (\tau, T), \quad (2.1)$$

при начально-краевых условиях

$$p(x, t) = \phi_1(x, t), 0 \leq t \leq \tau, x \in [0, l], \quad (2.2)$$

$$p(0, t) = \phi_2(t), \tau \leq t \leq T, \quad (2.3)$$

$$p(l, t) = \phi_3(t), \tau \leq t \leq T, \\ \tau = \text{const} > 0, 2\tau < T, a = \text{const} > 0. \quad (2.4)$$

Здесь:  $p = p(x, t)$  – функция, определяющая фазовое состояние объекта;  $K(x, t, v)$  – заданная кусочно-непрерывная по первым двум аргументам, непрерывно-дифференцируема по третьему аргументу функция;

$\phi_0(x, t), \phi_1(x, t), \phi_2(t), \phi_3(t)$  в общем случае являются управляющими воздействиями, хотя в частных случаях какие-то из них могут быть не управлениями, а быть заданными.

В качестве целевого функционала примем следующий функционал:

$$J(\phi) = \int_0^l [p(x, t; \phi) - P(x)]^2 dx + \sum_{i=0}^3 \varepsilon_i \|\phi_i\|_{L_2}^2, \quad (2.5)$$

где  $P(x)$  – заданная функция;  $\varepsilon_i, i = 0, 1, 2, 3$  – коэффициенты регуляризации. Управляющие функции  $\phi(x, t) = (\phi_0(x, t), \phi_1(x, t), \phi_2(t), \phi_3(t))$  ищутся на классах кусочно-непрерывными

функций, при которых краевая нагруженная задача (2.1)-(2.4) имеет единственное обобщенное решение, и более того, они удовлетворяют дополнительным требованиям, исходящих из

технологических, технических соображений, определенных, например, неравенствами типа

$$\|\phi_i(x, t)\|_{L_2} \leq M_i, i = 0, 1, 2, 3. (2.6)$$

Задача оптимального управления (2.1)–(2.6) относится к классу задач управления системами с распределенными параметрами и для ее исследования, получения необходимых условий оптимальности первого порядка возможно использовать подходы, предложенные, например, в работах [3, с.55-62, 4, с.336-349].

**3. Решение задачи.** Пользуясь методом сеток, редуцируем исходную задачу (2.1) – (2.6) к конечномерной оптимизационной задаче специальной структуры, относительно которой получим формулы для компонент градиента

$$p_{ij} = p(x_i, t_j), K_{ijk} = K(x_i, t_j, v_k), \phi_{0ij} = \phi_0(x_i, t_j), \\ \phi_{1ij} = \phi_1(x_i, t_j), \phi_{2j} = \phi_2(t_j), \phi_{3j} = \phi_3(t_j), P_i = P(x_i).$$

Для аппроксимации (2.1) используем неявную схему, а интеграл в (2.1) аппроксимируем методом левых прямоугольников:

$$\int_{t_j-\tau}^{t_j} K(x_i, t_j, v)p(x_i, v)dv = h_t \sum_{s=j-N_t}^{j-1} K_{ijs} p_{is}.$$

Тогда, например, для внутренних точек  $\omega$  аппроксимация (2.1) приводит к соотношению:

$$\frac{p_{ij} - 2p_{ij-1} + p_{ij-2}}{h_t^2} = a \frac{p_{i-1j} - 2p_{ij} + p_{i+1j}}{h_x^2} + h_t \sum_{k=j-N_t}^{j-1} K_{ijk} p_{ik} + \phi_{0ij}.$$

В целом, несложно получить следующую общую формулу для аппроксимации (2.1) – (2.4) во

целевой функции по оптимизируемым параметрами. В области  $[0, l] \times [0, T]$  введем равномерную сеточную область:  $\omega = \{(x_i, t_j): x_i = ih_x, t_j = jh_t, i = \overline{0, N_x}, j = \overline{0, N_t}\}$ ,  $h_x = \frac{l}{N_x}, h_t = \frac{T}{N_t}$ , предполагая, что  $N_t = \tau/h_t$  целое число (ясно, что это никак не умаляет общности, так как  $N_t, N_x, h_t$  практически всегда можно подобрать соответствующим образом).

Введем обозначения для сеточных функций:

всех узловых точках  $\omega$ , выделяя отдельно случаи  $i = 0, 1, N_x - 1, N_x, j = \overline{0, N_t}, j > N_t$

$$p_{ij} = \begin{cases} \phi_{1ij}, i = \overline{0, N_x}, j = \overline{0, N_t}, \\ \frac{ah_t^2}{A} [p_{i-1j} + p_{i+1j}] + \frac{h_x^2}{A} [2p_{ij-1} - p_{ij-2}] + \frac{h_t^3 h_x^2}{A} [\sum_{v=j-N_t}^{N_t} K_{ijv} \phi_{1iv} + \sum_{v=N_t+1}^{j-1} K_{ijv} p_{iv}] + \\ + \frac{h_t^2 h_x^2}{A} \phi_{0ij}, i = \overline{0, N_x}, j = \overline{N_t + 1, 2N_t}, \\ \frac{ah_t^2}{A} [p_{i-1j} + p_{i+1j}] + \frac{h_x^2}{A} [2p_{ij-1} - p_{ij-2}] + \frac{h_t^3 h_x^2}{A} \sum_{v=j-N_t}^j K_{ijv} p_{iv} + \\ + \frac{h_t^2 h_x^2}{A} \phi_{0ij}, i = \overline{0, N_x}, j = \overline{2N_t + 1, N_t}, \\ \phi_{2j}, i = 0, j = \overline{N_t + 1, N_t}, \\ \phi_{3j}, i = N_x, j = \overline{N_t + 1, N_t}, \end{cases} (3.1)$$

где обозначено  $A = 2(ah_t^2 + h_x^2)$ .

Целевой функционал аппроксимируем формулой:

$$I(\phi) = h_x \sum_{i=1}^{N_x} [p_{iN_t} - P_i]^2 + h_t \sum_{j=0}^{N_t-1} \{h_x \sum_{i=0}^{N_x-1} [\varepsilon_0 \phi_{0ij}^2 + \varepsilon_1 \phi_{1ij}^2] + \varepsilon_2 \phi_{2j}^2 + \varepsilon_3 \phi_{3j}^2\}. (3.2)$$

Задача (3.1),(3.2) является конечномерной оптимизационной задачей, аппроксимирующей исходную непрерывную задачу (2.1)–(2.6), она характеризуется определенной структурой

ограничений типа равенств (3.1). Для ее решения предлагается использовать методы оптимизации первого порядка:

$$\phi^{k+1} = P_{(6)}[\phi^k - \alpha_k \text{grad}I(\phi^k)], k = 0, 1, 2, \dots (3.3)$$

где  $\alpha_k$  - шаг одномерной минимизации,  $P_{(6)}$ - переменных на допустимую область, оператор проектирования оптимизируемых определяемую ограничениями (2.6).

Получим формулы для компонент градиента функционала:

$$\nabla I(\phi) = \left( \frac{\partial I(\phi)}{\partial \phi_{0ij}}; \frac{\partial I(\phi)}{\partial \phi_{1ij}}; \frac{\partial I(\phi)}{\partial \phi_{2j}}; \frac{\partial I(\phi)}{\partial \phi_{3j}} \right),$$

используя методику, предложенную в работах автора работы [5,с.346-354].

Введем вектор импульсов:

$$\psi_{ij} = \frac{dI(\phi)}{dp_{ij}}, (i, j) \in \omega. (3.4)$$

Здесь производная понимается как полная с учетом того, что изменение значения фазовой переменной  $p_{ij}$  приводит в силу соотношений (3.1) к изменению состояния фазовой переменной в других узлах. Тогда имеем:

$$\psi_{ij} = \frac{\partial I(\phi)}{\partial p_{ij}} + \sum_{(r,q) \in L_{ij}} \sum \frac{\partial p_{rq}}{\partial p_{ij}} \psi_{rq}, (3.5)$$

где  $L_{ij}$ - множество индексов фазовых состояний, зависящих согласно соотношениям (3.1) от состояния  $p_{ij}$ . Частная производная в (3.5) определяется следующим образом:

$$\frac{\partial I(\phi)}{\partial p_{ij}} = \begin{cases} 2h_t [p_{iN_t} - P_i], i = \overline{1, N_x}, j = N_t, \\ 0, j = \overline{0, N_t - 1}. \end{cases} (3.6)$$

Несложно получить формулы относительно всех компонент вектора импульсных переменных:

$$\psi_{ij} = \begin{cases} 2h_t(p_{iN_t} - P_i) + \frac{ah_t^2}{A} \psi_{i+1N_t} + \frac{ah_t^2}{A} \psi_{i-1N_t}, i = \overline{0, N_x}, j = N_t, \\ \frac{2h_t^2}{A} \psi_{iN_t} + \frac{h_t^3 h_x^2}{A} K_{iN_t-1N_t-1} \psi_{iN_t} + \frac{2h_t^2}{A} (\psi_{i-1N_t-1} + \psi_{i+1N_t-1}), \\ i = \overline{0, N_x}, j = N_t - 1, \\ \frac{ah_t^2}{A} \psi_{i+1j} + \frac{ah_t^2}{A} \psi_{i-1j} - \frac{h_t^2}{A} \psi_{ij+1} + \frac{2h_t^2}{A} \psi_{ij+2} + \frac{h_t^3 h_x^2}{A} \sum_{v=j+1}^{N_t} K_{ijv} \psi_{iv} + \\ + \frac{h_t^3 h_x^2}{A} \phi_{0ij}, i = \overline{0, N_x}, j = \overline{N_t - N_t, N_t - 2}, \\ \frac{ah_t^2}{A} \psi_{i+1j} + \frac{ah_t^2}{A} \psi_{i-1j} - \frac{h_t^2}{A} \psi_{ij+1} + \frac{2h_t^2}{A} \psi_{ij+2} + \frac{h_t^3 h_x^2}{A} \sum_{v=j+1}^{j+N_t} K_{ijv} \psi_{iv} + \\ + \frac{h_t^3 h_x^2}{A} \phi_{0ij}, i = \overline{0, N_x}, j = \overline{0, N_t - N_t}, \\ \frac{ah_t^2}{A} \psi_{1j}, i = 0, j = \overline{1, N_t - 2}, \\ - \frac{ah_t^2}{A} \psi_{N_x-1j}, i = N_x, j = \overline{1, N_t - 2}. \end{cases} (3.7)$$

Как видно из (3.7), они определяют линейные соотношения между импульсными переменными. По аналогии с непрерывными задачами (3.7) назовем сопряженными к (3.1) соотношениями. Ясно, что как только будут определены значения фазового состояния  $p_{iN_t}, i = \overline{0, N_x}$  то, начиная с  $j = N_t$  с помощью соотношений сначала (3.6), потом

для  $j = N_t - 1, N_t - 2, \dots, 1$  из (3.7) можно определить значения всех импульсных переменных  $\psi_{ij}, (i, j) \in \omega$ .

Теперь несложно определить компоненты искомого градиента, учитывая из (3.1) влияние управляющих параметров на компоненты фазового состояния, т.е

$$\frac{dI(\phi)}{d\phi_{0ij}} = \frac{\partial I(\phi)}{\partial \phi_{0ij}} + \frac{\partial p_{ij}}{\partial \phi_{0ij}} \psi_{ij} = 2\varepsilon_0 \phi_{0ij} + \frac{h_t^2 h_x^2}{A} \psi_{ij}, i = \overline{1, N_x}, j = \overline{N_t, N_t}, (3.8)$$

$$\frac{dI(\phi)}{d\phi_{1ij}} = \frac{\partial I(\phi)}{\partial \phi_{1ij}} + \frac{\partial p_{ij}}{\partial \phi_{1ij}} \psi_{ij} = 2\varepsilon_1 \phi_{1ij} + \frac{h_t^2}{A} h_x^2 \psi_{ij}, i = \overline{0, N_x}, j = \overline{0, N_t}, (3.9)$$

$$\frac{dI(\phi)}{d\phi_{2j}} = \frac{\partial I(\phi)}{\partial \phi_{2j}} + \frac{\partial p_{1j}}{\partial \phi_{2j}} \psi_{1j} = 2\varepsilon_2 \phi_{2j} + \psi_{1j}, j = \overline{N_t, N_t}, (3.10)$$

$$\frac{dI(\phi)}{d\phi_{3j}} = \frac{\partial I(\phi)}{\partial \phi_{3j}} + \frac{\partial p_{N_x-1j}}{\partial \phi_{3j}} \psi_{N_x-1j} = 2\varepsilon_3 \phi_{3j} + \psi_{N_x-1j}, j = \overline{N_t, N_t}. \quad (3.11)$$

Как видно из (3.8) – (3.11) компоненты искомого вектора градиента функционала определяются с помощью импульсных переменных, вычисляемых формулой (3.7).

Таким образом, получены все необходимые формулы для реализации процедуры проекции градиента (3.3).

В целом алгоритм решения исходной задачи заключается в выполнении следующих шагов.

**Шаг 1.** Выбирается начальный допустимый вектор управляющих функций  $\phi^0(x, t) = (\phi_0^0(x, t), \phi_1^0(x, t), \phi_2^0(x, t), \phi_3^0(x, t))$ .

**Шаг 2.** Решается краевая задача относительно нагруженного гиперболического уравнения с использованием соотношений (3.1).

**Шаг 3.** Вычисляются значения всех импульсных переменных с помощью формулы (3.5) (в обратном порядке по  $j = N_t, N_t - 1, \dots, 1$ ).

**Шаг 4.** Вычисляются компоненты градиента функционала (3.2) по формулам (3.8)-(3.11).

**Шаг 5.** Делается итерация метода проекции градиента (3.3) и определяется новый вектор управляющих воздействий:

$$\phi^1(x, t) = (\phi_0^1(x, t), \phi_1^1(x, t), \phi_2^1(x, t), \phi_3^1(x, t)).$$

**Шаг 6.** Если критерий останова процесса оптимизации не выполнен, то после переобозначения  $\phi^0(x, t) = \phi^1(x, t)$ , осуществляется переход к шагу 2.

По приведенному алгоритму проведены различные численные эксперименты на тестовых задачах, которые показали эффективность предложенных формул.

**4. Заключение.** Как указывалось выше для решения исходной непрерывной задачи оптимального управления можно было использовать идею метода принципа максимума для получения формул, используемых для вычисления градиента функционала. Но для численного решения задачи управления все равно

необходимо проводить дискретизацию непрерывных формул, участвующих в формулировке принципа максимума. Но тогда возникает существенная сложность, связанная с необходимостью согласования схем аппроксимации, которые не всегда очевидны, что отмечалось в работах [5, с.346-354], [6, с.8-20]. В этом случае все равно приходится проводить исследования, приведенные в данной работе.

Предложенный в работе подход к решению задач оптимального управления нагруженными гиперболическими уравнениями, как видно, носит достаточно общий характер. Его несложно перенести на другие классы нагруженных краевых задач.

Важное достоинство предлагаемого подхода в том, что он позволяет использовать для решения задач оптимального управления готовые программы методов конечномерной оптимизации первого порядка.

### Литература

1. Нахушев А.М. Уравнения математической биологии. М., Высшая школа, 1995, 305с.
2. Нахушева В.А. Некоторые классы дифференциальных уравнений математических моделей нелокальных физических процессов. Нальчик: КБНЦ РАН, 2002.
3. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М., Факториал Пресс, 2002.
4. Ж.Л. Лионс. Оптимальное управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными. М., 1972.
5. Ишмухамедов А.З. Вопросы устойчивости и аппроксимации задач оптимального управления системами с распределенными параметрами. М.: ВЦ РАН, 2001.
6. А.А. Самарский. Теория разностных схем. М., Наука, 1983, 616с.

УДК 621.91.02

---

## КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

---

*Даниловских М.Г., Летенков О.В.*

## TEMPERATURE CONTROL IN THE CUTTING ZONE

*Letenkov O.V., Danilovskikh M.G.*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.110.1824

### АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается температура резания, которая играет важную роль в процессах, происходящих в зоне резания при обработке лезвия [1]. Показано, что температура при резании лезвием зависит от многих факторов, в том числе от физических свойств материала заготовки и инструмента, условий резания, геометрии режущего инструмента. Скорость резания оказывает наибольшее влияние на температуру в зоне резания, а подача резака мало влияет на температуру. Воздействие управления температурным полем зоны резания обеспечивает качество процесса резания, но необходимо знать точную температуру зоны резания, что является ключевым техническим моментом. Проанализировать преимущества и недостатки методов определения температуры при обработке лопаток. Было показано, что ряд технических причин может ограничивать использование каждого метода.

## ANNOTATION

This article discusses the cutting temperature, which plays an important role in the processes occurring in the cutting zone during blade processing [1]. It is shown that the temperature during cutting with a blade depends on many factors, including the physical properties of the material of the workpiece and tool, cutting conditions, geometry of the cutting tool. The cutting speed has the greatest influence on the temperature in the cutting zone, and the feed of the cutter has little effect on the temperature. The ability to control the temperature field of the cutting zone ensures the quality of the cutting process, but it is necessary to know the exact temperature of the cutting zone, which is a key technical point. To analyze the advantages and disadvantages of methods for determining the temperature in the processing of blades. It has been shown that a number of technical reasons may limit the use of each method.

**Ключевые слова:** зона резания, температура, стойкость инструмента, режимы резания, температурный контроль.

**Key words:** cutting zone, temperature, tool life, cutting conditions, temperature control.

**Введение**

Создание систем управления лезвийной обработкой и их применение в машиностроении на научной основе способствует повышению качества и эффективности машиностроительного производства. Однако следует отметить, что процесс резания сопровождается различными нарушениями, которые в свою очередь приводят к тому, что параметры режима резания отклоняются от заданных значений, что снижает производительность обработки и качество продукции.

При выборе оптимальных режимов резания необходимо учитывать множество внешних факторов (материал инструмента и заготовки, вид обработки, режимы резания, наличие СОТС и др.). Такие задачи решаются путем создания различных эталонов, которые, в свою очередь, создаются на основе экспериментальных данных и производственных наблюдений в относительно

узком диапазоне обработки. Попытки экстраполировать результаты на более широкий диапазон изменения технологических факторов вносят существенные погрешности [1].

Влияние температуры на процесс лезвийной обработки

Одним из основных факторов, регламентирующих эффективность лезвийной обработки и оказывающих существенное влияние на ход процесса резания, является тепловая энергия. Температура в зоне резания и условия трения на рабочих поверхностях инструмента, определяют работоспособность инструмента и оказывают основное влияние на процесс формирования поверхностного слоя детали и на др. физические явления, проходящие в контактной области [2-4].

Существует три основных источника тепла в процессе резания (рис. 1):

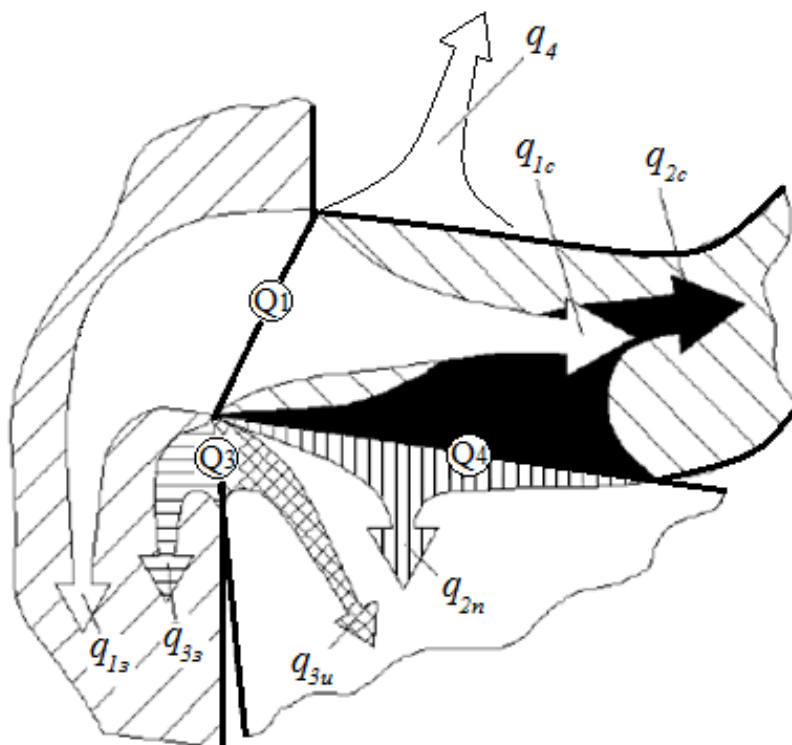


Рис. 1. Схема распространения тепловых потоков (пояснения в тексте)

1.Источник в зоне пластической деформации:  $Q_1 = q_{1c} + q_{1z}$ , где  $q_{1c}$  — тепловой поток в стружку;  $q_{1z}$  — тепловой поток в тело заготовки;

2.Источник в зоне трения между стружкой и передней поверхностью режущего клина:  $Q_2 = q_{2c} + q_{2н}$ , где  $q_{2c}$  — тепловой поток в стружку;  $q_{2н}$  — тепловой поток в тело инструмента;

3.Источник в зоне трения между обработанной поверхностью и задней поверхностью клина:  $Q_3 = q_{3и} + q_{3з}$ , где  $q_{3и}$  — тепловой поток в тело инструмента;  $q_{3з}$  — тепловой поток в тело заготовки;

4. $q_4$  — тепловой поток, выделяющаяся в окружающую среду за счет излучения и конвекции.

Каждый из источников ( $Q_i$ ) излучает определенное количество тепла, что заставляет их влиять друг на друга и, соответственно, формировать тепловые потоки, сопровождающие процесс резания [4-8].

Существующее представление о тепловом балансе процесса резания может быть представлено в виде уравнения:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = q_{1c} + q_{1z} + q_{2c} + q_{2н} + q_{3и} + q_{3з} + q_4$$

где показано, что количество теплоты, выделяющейся в зоне резания равно количеству теплоты, удаляемой из нее за тот же промежуток времени, причем, соотношение слагаемых в уравнении в процессе резания не является постоянным и изменяется в зависимости от режимов обработки [9].

Поскольку процесс резания всегда сопровождается выделением тепла, задача по разработке более эффективных методов управления температурой в зоне резания вызывает интерес и является актуальной для машиностроительного производства.

Изменение температуры в зоне резания необходимо производить таким образом, чтобы создать наиболее благоприятные условия, обеспечивающие наибольшую стойкость и производительность инструмента при заданной точности обработки. Знание температуры в зоне резания необходимо для предотвращения нежелательных явлений, связанных с форсированием режимов обработки. Отсюда вытекает задача контроля температуры на отдельных участках заготовки и инструмента с целью регулирования теплового режима в зоне обработки.

Управление тепловыми потоками при резании можно проводить следующими методами [10-12]:

➤изменением режимов работы инструмента или изменением его геометрии;

➤использованием смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС). С одной стороны, СОТС способствуют смазыванию поверхностей трения и, тем самым, уменьшают мощность источников тепловыделения  $Q_2$ ,  $Q_3$ . С другой, отводят часть тепла за счет конвективных потоков  $q_4$ , что также снижает температуру в зоне резания;

➤путем периодического прерывания контакта между инструментом и заготовкой. Снижение

температуры будет тем больше, чем больше время цикла рабочего и вспомогательного ходов и чем больше отношение времени вспомогательного хода к времени рабочего хода инструмента;

➤изменение конечных тепловых потоков в зоне резания за счет выбора рациональной конструкции инструмента.

Понятно, что качественное проведение процесса резания требует точного определения температуры с возможностью управления температурным полем в зоне резания и является важным технологическим моментом.

#### **Способы экспериментального измерения температуры резания**

Поиски методик аналитического определения температур в контакте двух тел [3, 9] предпринимались разными исследователями. Каждая из методик носит приближенный характер, поскольку при вычислениях приходится прибегать к некоторым упрощениям.

Исследование тепловых процессов в технологических системах требует проведения соответствующих экспериментов с точным измерением температуры на различных участках технологической системы. Такие эксперименты необходимы, с одной стороны для решения конкретных задач опытным путем, а с другой — для проверки правильности и корректировки результатов теоретических решений изменения тепловых потоков на передней и задней поверхностях лезвия режущего инструмента в зависимости от условий обработки.

На (рис. 2) показана классификация методов экспериментального исследования температурных полей в технологических системах [6]. Методы измерения температуры делятся на две большие группы: контактные и бесконтактные.



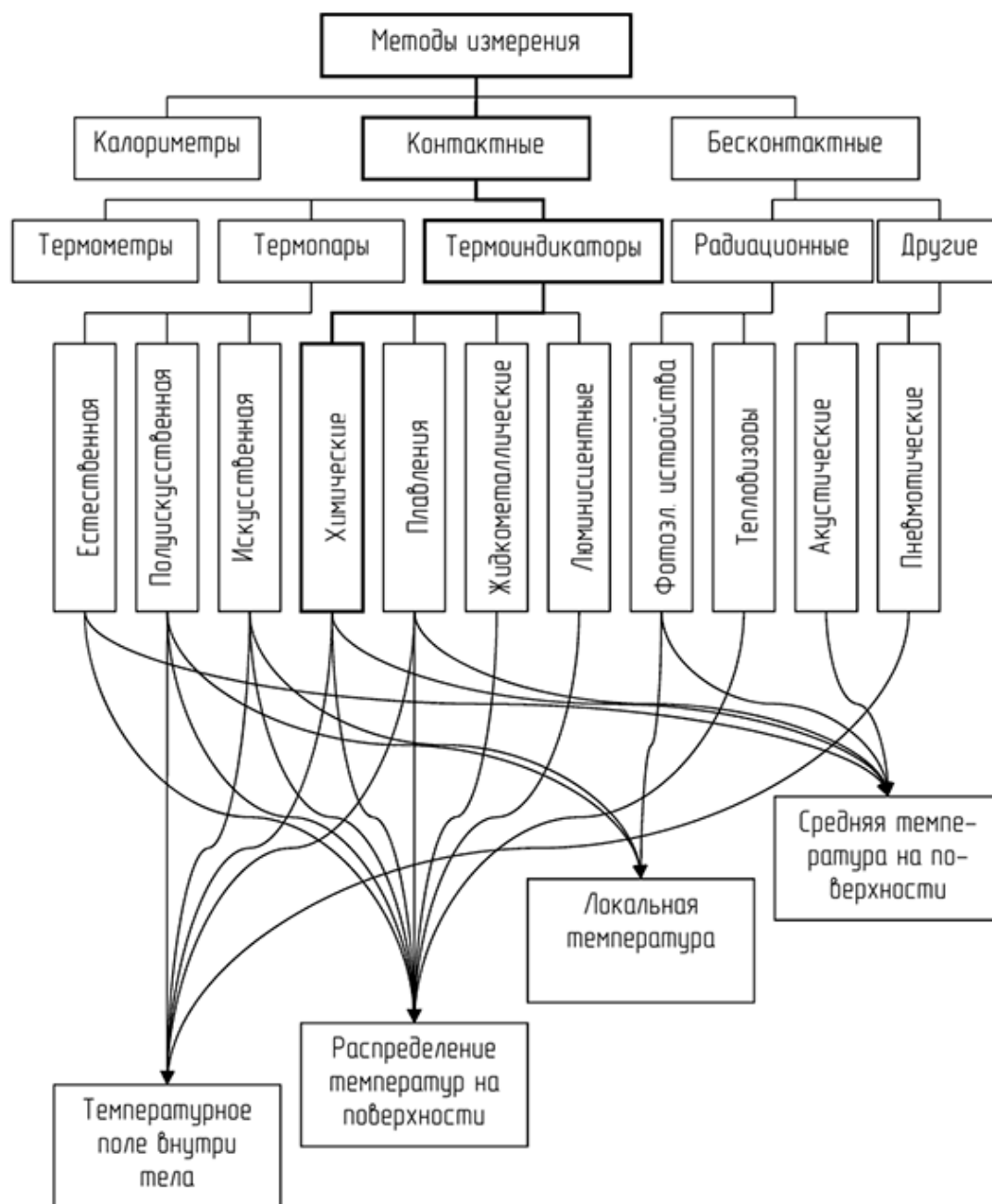


Рис. 2. Классификация методов экспериментального исследования тепловых потоков и температур в технологических системах

К первой группе относятся методы, в которых датчик температуры и объект измерения находятся в непосредственном контакте. Среди подобных методов можно выделить:

- калориметрический метод. Этим методом определяется теплота, переходящая в стружку в течении определенного периода времени, что в дальнейшем позволяет рассчитать ее усредненную температуру за аналогичный период. Метод связан со значительной погрешностью и непригоден для исследования температуры стружки в текущий момент времени;

- Метод регистрации цвета. Преимущество этого процесса в том, что не требуется никакого дополнительного оборудования. Цвет зависит от степени нагрева и создается за счет образования тончайшего слоя

оксида на поверхности нагретой стружки. Этот метод приводит к значительным ошибкам, так как оттенок отражает только температуру поверхности чипа и зависит не только от температуры, но и от времени термического воздействия. При COTS наконечник горелки становится относительно горячим, но цвет может полностью исчезнуть.

Контактные методы измерения можно разделить на три группы по основной функции выполняемого ими прибора: термопары, индикаторы температуры и термометры.

Метод термопары (природная термопара, полу-искусственная термопара, метод искусственной термопары). Эти методы имеют следующие недостатки:

➤ Температура измеряется в ограниченной области на некотором расстоянии от основного источника тепла.

➤ Требуется специальный резак.

➤ Калибровка таких устройств затруднена, так как каждый набор обрабатываемого и разрезаемого материала должен генерировать собственную калибровочную кривую.

➤ Из-за низкого сопротивления фрезы, фреза перестает функционировать после одной-двух переточек.

Мы обнаружили, что существующие методы измерения температурных полей имеют недостатки. Для каких-то целей и конкретных условий измерения можно выбрать определенный метод измерения. Термопары и термометры сопротивления особенно непригодны, если необходимо определить распределение температуры по всей поверхности, а не только в одной точке. Наилучшими цвето-теплоиндикаторами для этих целей являются вещества, изменяющие цвет при изменении температуры.

По принципу действия термоиндикаторы являются одними из перспективных средств не только регистрации, но и измерения температуры. подразделяются на 4 основных типа:

- термохимические индикаторы;
- термоиндикаторы плавления;
- жидкокристаллические термоиндикаторы;
- люминесцентные термоиндикаторы.

Ко группе бесконтактных измерений относятся методы, при которых датчик измерительного прибора располагается на некотором расстоянии от объекта, температуру которого необходимо определить. В большинстве случаев бесконтактные методы основаны на измерении лучистого тепла [5, 11, 12]. Для реализации этих методов используются радиационные и цветовые пирометры. Такие методы нуждаются в дальнейшем развитии, чтобы можно было сделать определенные выводы об их применении.

#### Выводы

Для создания системы управления процессами в зоне резания и ее применение в производстве необходим простой и надежный способ измерения температуры в зоне резания.

Все известные контактные методы контроля температуры и успехи, достигнутые в аналитических расчетах температуры в зоне резания, имеют свои недостатки и не позволяют иметь точные данные по температуре.

Перспективными в этом направлении являются способы измерения температуры бесконтактным способом [12]. В этом случае вопрос получения более точных данных по

температуре в зоне резания радиационным методом требует дальнейшего изучения и работы в этом направлении продолжаются.

#### Литература

1. В.С. Кушнер, О.Ю. Бургонова, С.В. Лангеман. Совершенствование методики теоретического определения температур и сил резания для инструментов из быстрорежущих сталей. Омский научный вестник. 2011. - С. 30 - 32.
2. Грановский, Г.И. Резание металлов: учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. - М.: Высш. шк., 1985. - 304 с.
3. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. - М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 448 с.
4. Верещака А.С., Проворотов М.В., Кузин В.В., Тимошук Е.А., Майер А.А. Исследование теплового состояния режущих инструментов с помощью многопозиционных термоиндикаторов // Вестник машиностроения. - 1986. - № 1. - С. 45 - 49.
5. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1981. - 279 с.
6. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. М.: Машиностроение, 1990. - 288 с.
7. Даниелян А.М. Теплота и износ инструментов в процессе резания металлов. М: 1954 - 276 с.
8. Полетика М.Ф., Красильников В.А. Напряжения и температура на передней поверхности резца при высоких скоростях резания // Вестник машиностроения. - 1973. - № 10. - С. 76 - 80.
9. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. - М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 448 с.
10. Кушнер В.С. Основы теории стружкообразования. В 2-х кн. Кн.2: Теплофизика и термомеханика резания. - Омск: Изд-во ОмГТУ, - 1996, - 136 с.
11. Ящерицын, П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: учеб. для вузов / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Е.Э. Фельдштейн. - Минск: Высш. шк., 1990. - 512 с.
12. Способ бесконтактного определения температуры в зоне резания при механической обработке: пат. RU 2398659: МПК В23В 25/06, G01N 3/58. / К.В. Афанасьев, И.В. Швецов, В.А. Щеголев; дата пуб.: 10.09.2010.

## DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR CLOUD SOFTWARE TESTING IN ORDER TO REDUCE THE COST OF ITS DESIGN

Оганесян

### ANNOTATION

The application of the cloud testing methodology developed in the framework of the study will ensure a reduction in software design costs and increase the efficiency of software vendors. To develop high-quality cloud testing techniques, it is necessary to take into account the features of the cloud platform that will be used as a cloud testing environment.

**Keywords:** Testing Methodology, 1C:Bitrix, IaaS and SaaS services, cost reduction

Let's consider the process of developing a methodology using the example of cloud testing of the application 1C:Bitrix.

#### 1C 8 Cloud Application Testing Methodology

Based on the analysis of known approaches to cloud software testing, taking into account their functional and architectural features, a methodology for cloud testing of applications implemented on the basis of a technology platform has been developed «1C: Bitrix » [1].

The methodology of cloud testing of applications «1C: Bitrix » "Site Management"

"Site Management" is a software product designed for the creation and management of online stores, business card sites, etc. There are a huge number of editions of this software product, but they are all designed for one purpose – to create a website and further maintain it (filling, editing, etc.) [1].

Activity diagram of the 1C application cloud testing methodology:Bitrix is shown in Figure 1.

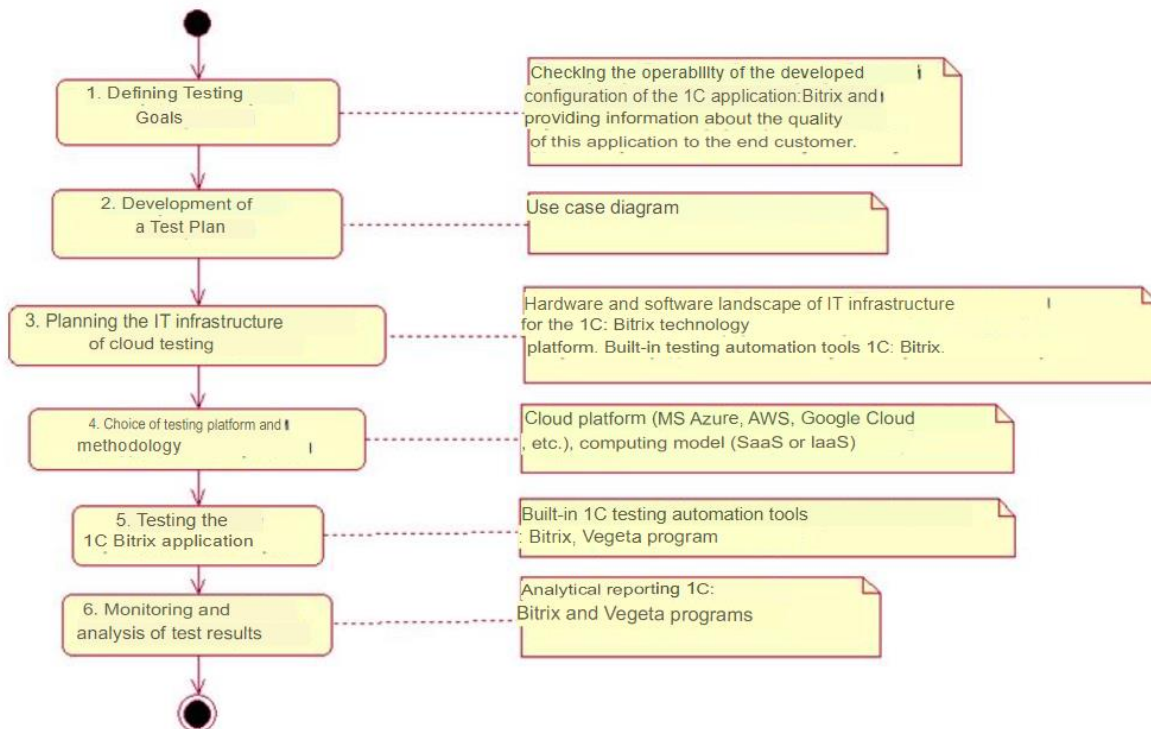


Figure 1 - Activity diagram of the application cloud testing methodology 1C: Bitrix

Let's consider the stages of this technique[2]

1. Testing objectives: checking the operability of the developed configuration of the 1C application:Bitrix and providing information about the quality of this application to the end customer.

2. Development of a test plan.

Testing the 1C application:Bitrix includes the

following types of testing:

- Web application testing;
- testing of the server part.

The actors in this case are: Tester, 1C testing automation tools:Bitrix, Vegeta program[4]

Use cases (use cases) are presented in Tables 1, 2.

Table 1

**Description of the use case: Testing a web application 1C: Bitrix**

Use case: Testing a 1C:Bitrix web application
ID: 1
Brief description: performing site speed testing, web application configuration testing, site page performance testing and testing on scaling.
Main actor: Tester
Secondary actors: Test automation tools 1C: Bitrix
Precondition: the use case starts at the initiative of the Tester
Basicflow: TesterLaunchesprocesstestingweb applications 1C: Bitrix
Postcondition: meansautomationtesting1C: Bitrixformed test results.
Alternate streams: no

Table 2

**Description of the precedent: Testing the server part of the 1C: Bitrix application**

Use case: Testing the server part of the 1C: Bitrix application
ID: 2
Short description: performing load testing of the server partapplications 1C8.
Main actor: Tester
Minor actor: Vegeta program
Precondition: the use case starts at the initiative of the Tester
Main flow: The tester starts the load testing process of the backend parts of the application 1C: Bitrix.
Postcondition: using the Vegeta program, the test results are generated.
Alternate streams: no

A diagram of options for using the cloud testing basis of the above recommendations, is shown in plan for the 1C: Bitrix application, developed on the Figure 2[3]

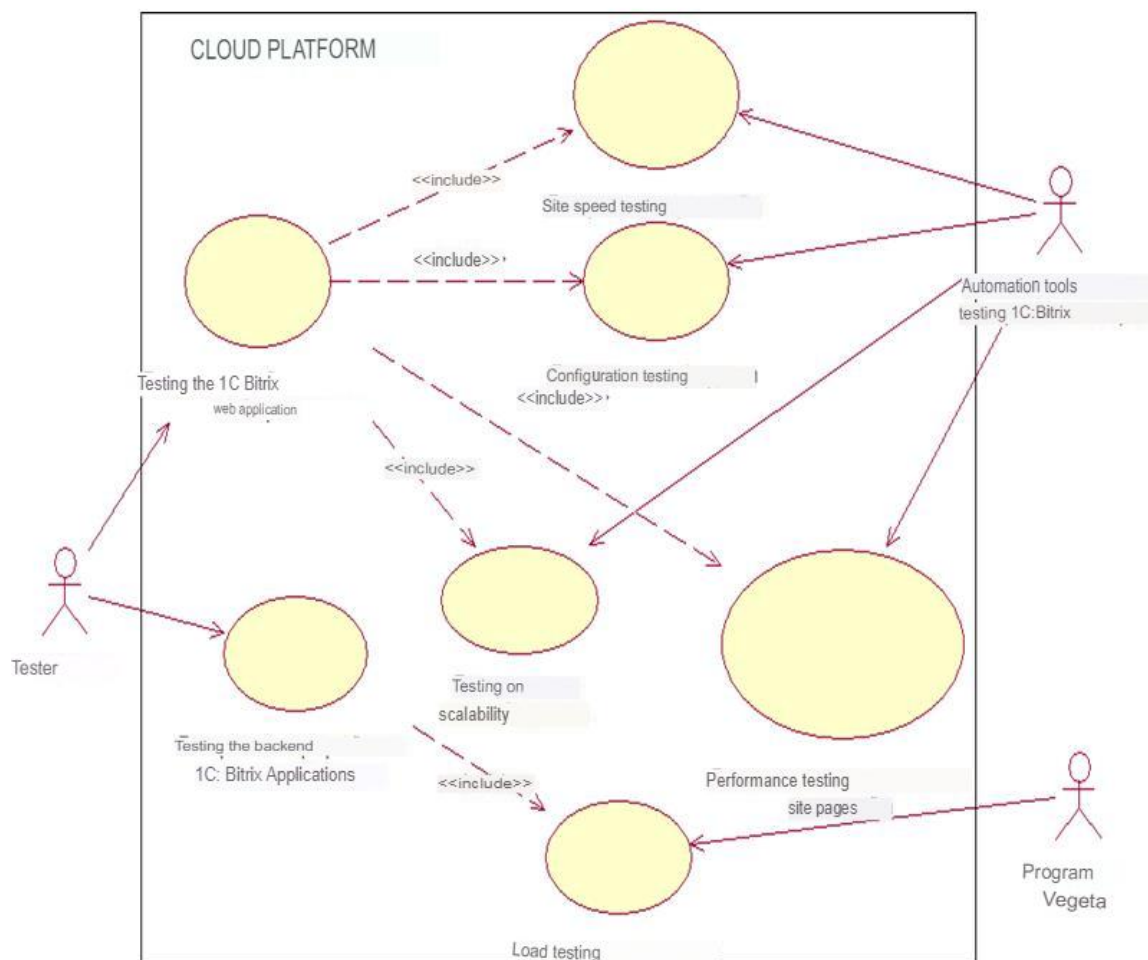


Diagram 2– Diagram of options for using the cloud testing plan for the 1C: Bitrix application

As follows from the diagram, in addition to the built-in testing tools of 1C: Bitrix, the Vegeta benchmark program is used to automate testing of the server part [2].

Vegeta is a free command-line tool for testing HTTP services written in the Go language. It can be connected as a library to create your own load testing tools.

#### 1. Infrastructure planning.

The hardware and software landscape of the IT infrastructure of the testing environment is determined by the relevant requirements of the 1C platform: Bitrix, Vegeta program.

2. The choice of platform and cloud service provider is carried out in accordance with the recommendations given above. We choose SaaS or IaaS as methodologies.

3. Testing the application 1C: Bitrix. For automation, built-in 1C test automation tools are used: Bitrix and the Vegeta program.

#### 4. Monitoring and analysis of test results.

To collect, process and visualize the results of cloud testing, the built-in 1C tools: Bitrix and the Vegeta program are used, which allows you to create reports in text and graphic format.

Conclusions to the third chapter. To automate cloud testing of the 1C8 application, the built-in test

automation tools of the 1C: Enterprise 8 technology platform are used. To collect, process and visualize the results of cloud testing, it is recommended to use an Excel spreadsheet[6]

In the process of cloud testing of the 1C: Bitrix application, in addition to the built-in testing tools of this platform, the Vegeta benchmark program is used to automate testing of the server side. To collect, process and visualize the results of cloud testing, the built-in tools of the 1C: Bitrix content management system and the Vegeta program are used, which allows you to create reports in text and graphic format.

Evaluation of the effectiveness of the cloud testing methodology for 1C:Bitrix applications. Consider the results of cloud testing of an IT solution based on the 1C: Bitrix application.

AT quality cloudly platforms chosen platform MS azure,providing IaaS and SaaS services.

#### 1) Website speed testing (figure 3).

This page displays site load statistics collected while users are browsing the site.

Functions:

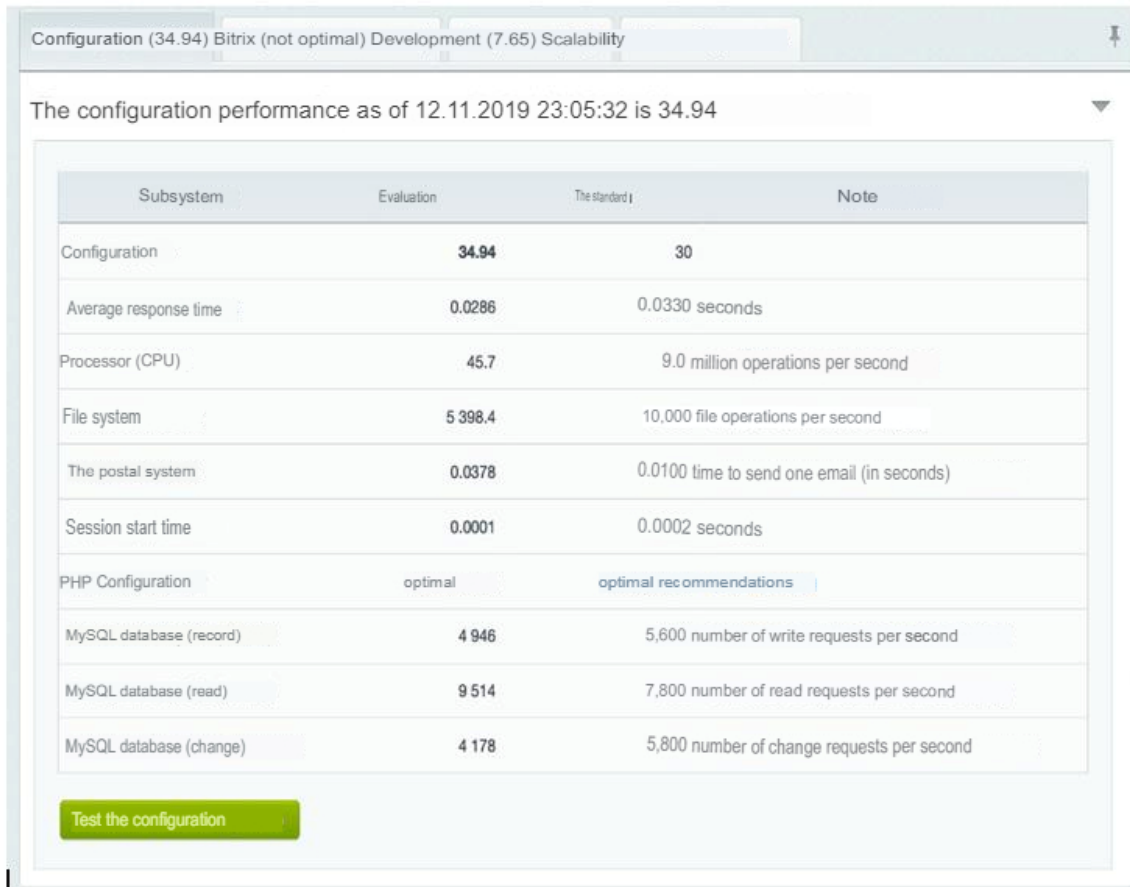
- displays the download speed for users from different regions;
- allows you to find out the minimum, average and maximum page loading speed;
- allows you to see which subsystems affect the



**2) Configuration testing.**

Allows you to determine how much hosting is enough for optimal system operation.

The processor, memory, file subsystem are checked. The work of php, mail, MySQL is also checked (Figure 4)



*Figure 4 - Fragment of the web configuration testing page applications*

1) Testing the performance of site pages (Figure 5). Runs on the development panel.

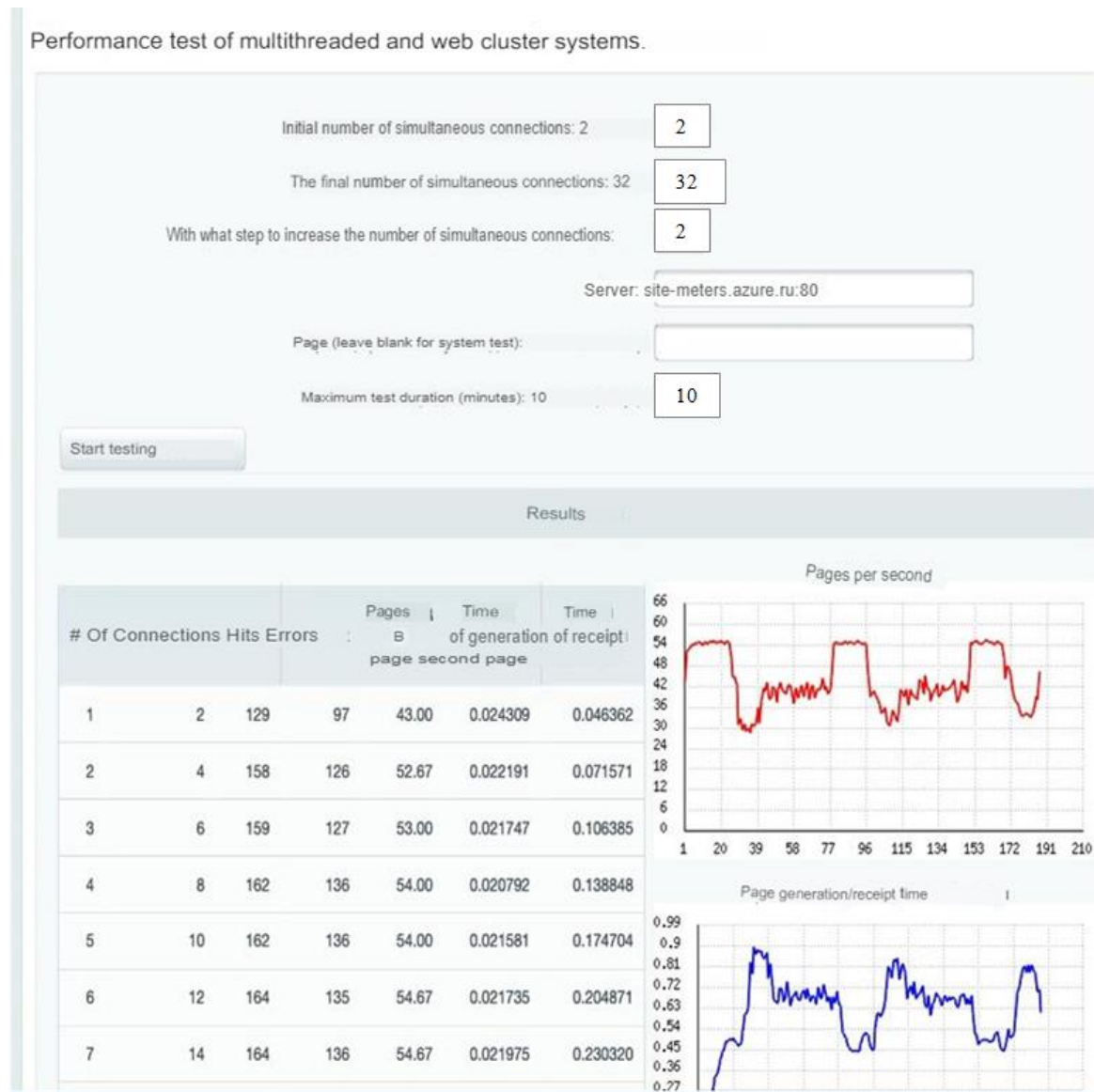
Allows you to find slow site pages, identify how elements on the site slow down its work, find a disabled cache for "heavy" pages, etc.

2) Scalability test.

Allows you to get for one or more server solutions basic metrics for returned pages per second and page generation time (Figure 6).

3) Load testing of servers.





*Figure 5 - Fragment of the performance testing page site pages*

For server load testing, it is better to use external testing applications.

Since they better allow us to calculate the

maximum capabilities of the service, unnecessary server resources are not wasted on the monitoring system inside the service.



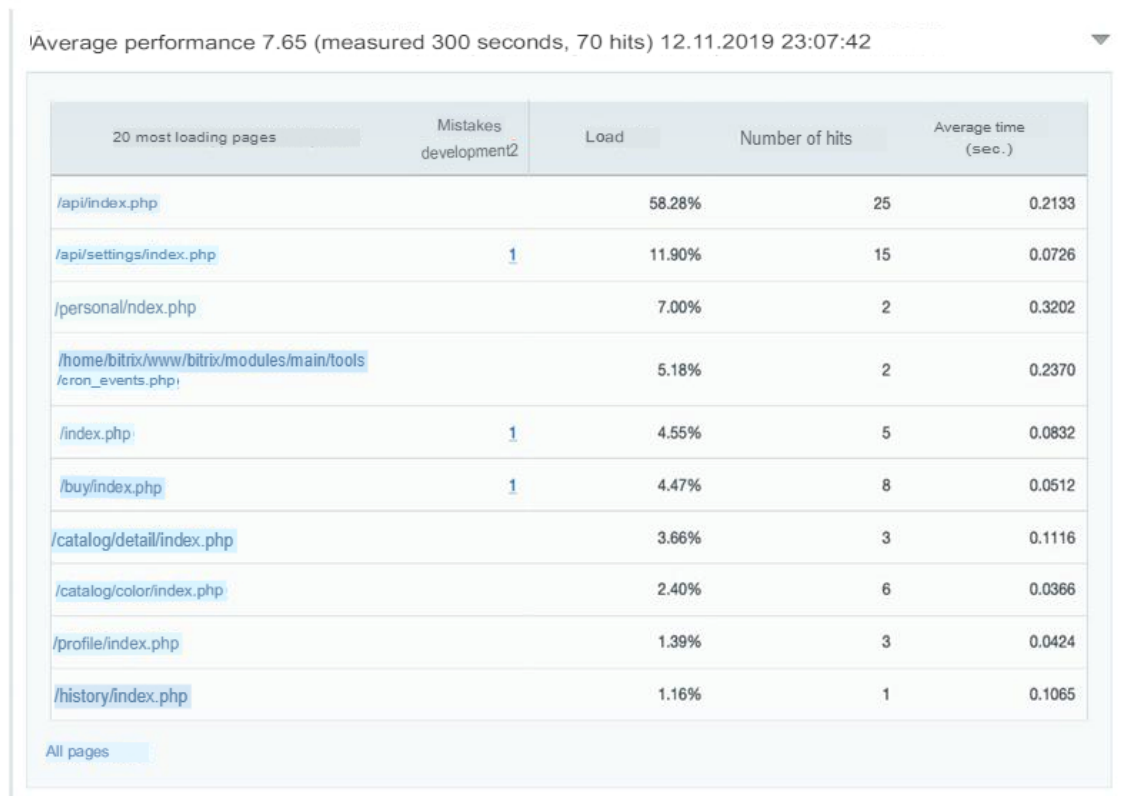


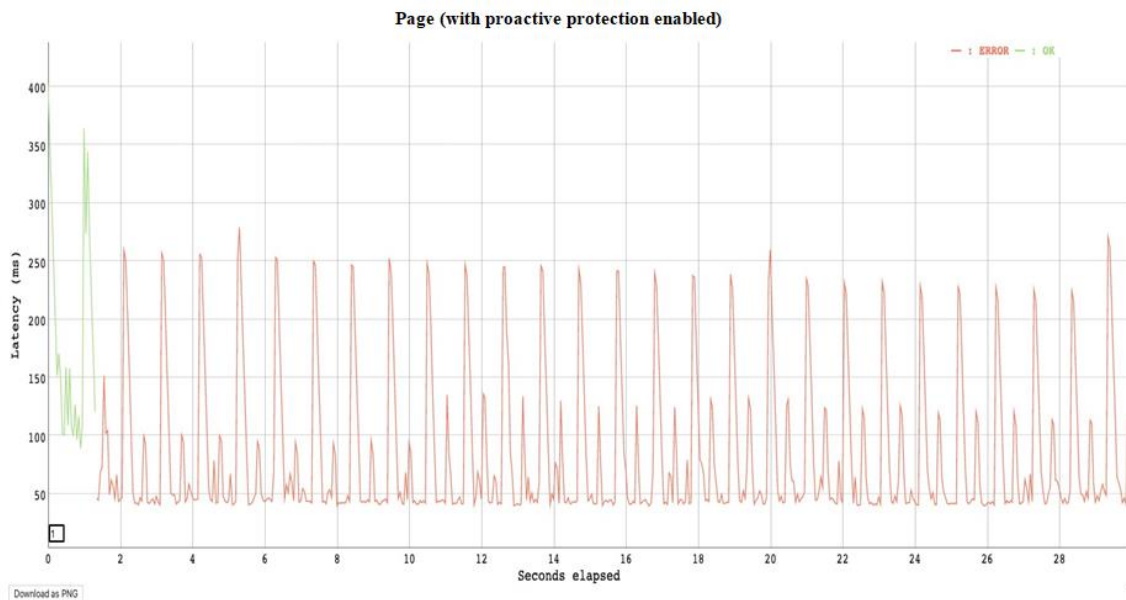
Figure 6 - Fragment of the scalability testing page

For this purpose, we use the Vegeta application.

It should be noted that the product "IC-Bitrix: Site Management" implements a mechanism that allows you to connect any "clouds" to the site and easily manage them - up to the exchange of data between storages[7]

Consider reports of test results using the Vegeta program.

Graphs of load testing results for pages with enabled proactive protection (allows you to cut off too frequent access to the server from the user) are shown in Figure 7.



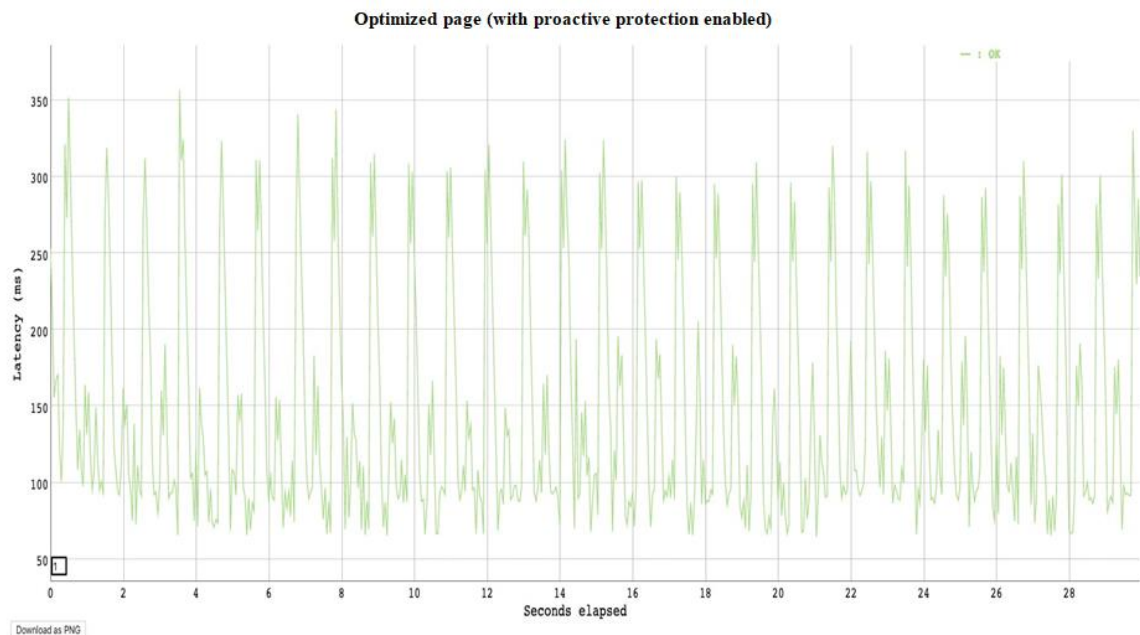


Figure 7 Graphs of load testing results for pages with enabled proactive protection

Graphs results load testing for pages with disabled proactive protection are shown in Figure 8.

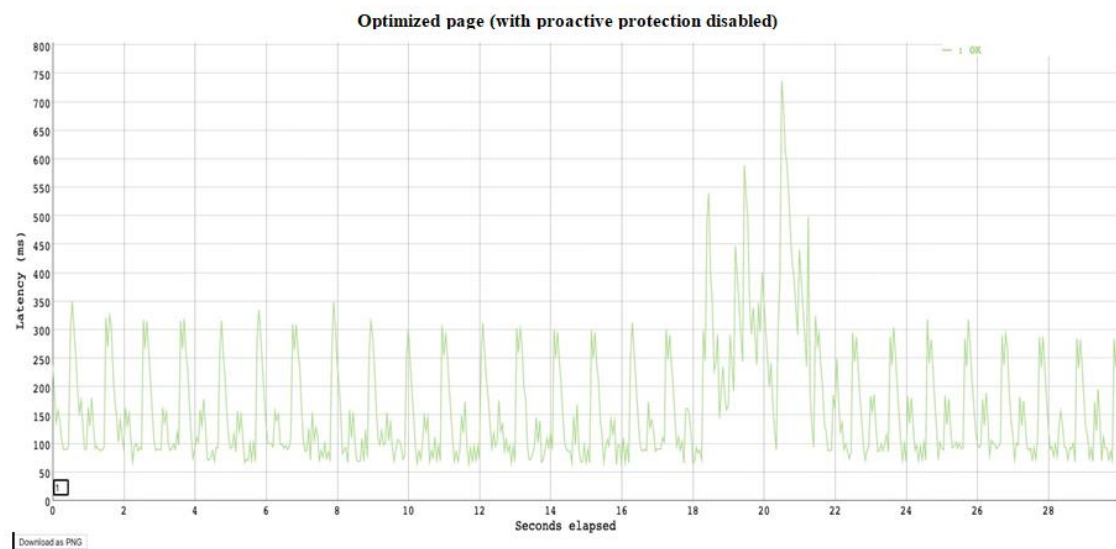


Figure 8 – Graphs of load testing results for pages with enabled proactive protection

Figure 9 shows the Vegeta program commands for displaying test results.

```
echo "GET http://site-meters.azure.ru/" | vegeta
attack -duration=30s -
rate=20 | tee results.bin vegeta report
vegeta plot -title=Results results.bin > results-
plot1.html
echo "GET http://site-meters.azure.ru
optimize_page/" | vegeta attack
duration=30s -rate=20 | tee results.bin vegeta
report
vegeta plot -title=Results results.bin > results-
plot2.html
```

```
echo "GET http://site-meters.azure.ru " | vegeta
attack -duration=30s -
rate=20 | tee results.bin vegeta report
vegeta plot -title=Results results.bin > results-
plot3.html
echo "GET http: site-meters.azure.ru
optimize_page/" | vegeta attack
duration=30s -rate=20 | tee results.bin vegeta
report
vegeta plot -title=Results results.bin > rcsults-
plot4.html
```

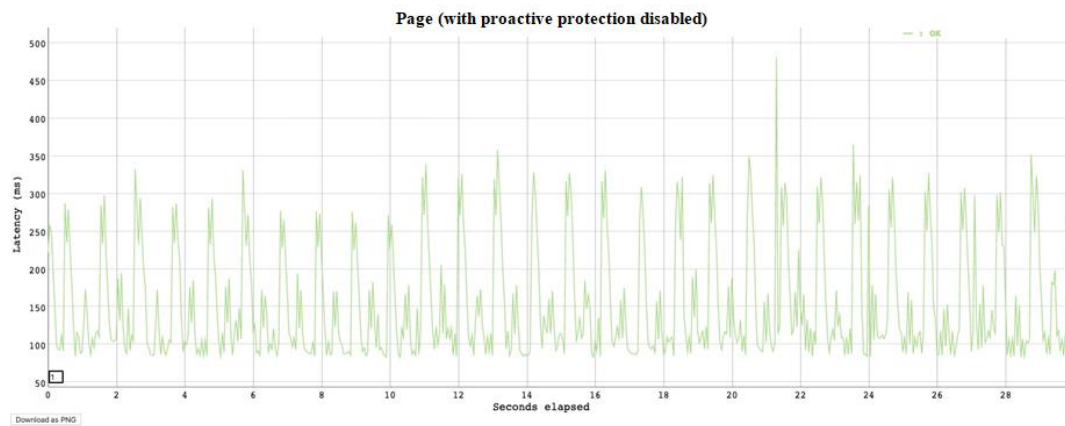


Figure 9 - Commands of the Vegeta program for displaying test results

Thus, the proposed method provides testing of various types of software, which confirms its versatility and effectiveness.

**Conclusions:** When choosing a cloud for 1C, it is recommended to choose a specialized hosting provider that can provide the most productive platform for the user information system.

The proposed method provides testing of various types of software, which confirms its versatility and effectiveness.

**List:**

1. 1C:Bitrix [Electronic resource]. <https://www.1c-bitrix.ru/>
2. Open benchmarks for load testing of servers and web applications [Electronic resource]. <https://habr.com/ru/company/1cloud/blog/474474/>
3. Cloud Computing and Testing Cloud based Applications [Electronic resource]. <https://www.360logica.com/blog/cloud-computing-and-testing-cloud-based-applications/>
4. SaaS vs PaaS vs IaaS: What's The Difference and How To Choose [Electronic resource]. — <https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/>
5. Cloud Testing Tutorial with SaaS and PaaS [Electronic resource]. <https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/>
6. Kotlyarov V. P. Fundamentals of software testing [Electronic resource] / V. P. Kotlyarov. — M.: Internet University of Information Technologies (INTUIT), 2016. — 334 p.
7. Burnyashov B. Ah. Information technologies in management. Cloudburneы [электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Бурняшов. - 2nd ed. - Saratov: Wuzovskoe education, 2019. — 87 с.

# Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал  
№ 7 (110)/2023 Том 1

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Макаровский Денис Анатольевич**

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

**Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

**Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

**Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

**Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович  
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:  
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А  
E-mail: [info@euroasia-science.ru](mailto:info@euroasia-science.ru) ;  
[www.euroasia-science.ru](http://www.euroasia-science.ru)

Учредитель и издатель ООО «Логика+»  
Тираж 1000 экз.