

МРНТИ 81.96.00
УДК 681.142

<https://doi.org/10.51889/2020-3.1728-7901.24>

Б.С. Ахметов¹, В.А. Краснобаев², А.А. Кузнецов², Ж.К. Алимсеитова³

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

²Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, г.Харьков, Украина

³Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г.Алматы, Казахстан

МЕТОД КОНТРОЛЯ ДАННЫХ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В КЛАССЕ ВЫЧЕТОВ

Аннотация

В статье предложен метод повышения достоверности контроля данных, представленных в классе вычетов. Рассмотрены процедуры получения позиционного признака непозиционного кода, формирования однорядового кода, являющегося основой предлагаемого метода контроля данных в классе вычетов. Приведен и описан метод контроля данных в классе вычетов. Рассмотрен пример реализации метода контроля для конкретного класса вычетов. Так как разработанный метод оперативного контроля данных в классе вычетов и устройства для его реализации имеет весьма низкую достоверность контроля, предложен метод повышения достоверности контроля, основанный на известном методе оперативного контроля информации в классе вычетов. Результаты расчетов и сравнительного анализа достоверности контроля данных в классе вычетов показал, что с ростом разрядной сетки обрабатываемых данных, эффективность непозиционного кодирования в классе вычетов существенно возрастает.

Ключевые слова: контроль данных, непозиционная система счисления, позиционный признак, эффективность непозиционного кодирования, достоверность контроля данных, оперативный контроль информации.

Аңдатпа

Б.С. Ахметов¹, В.А. Краснобаев², А.А. Кузнецов², Ж.К. Алимсеитова³

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²В.Н. Каразин атындағы Харьков ұлттық университет, Харьков қ., Украина

³Гумарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

ШЕГЕРІМДЕР СЫНЫБЫНДА БЕРІЛГЕН ДЕРЕКТЕРДІ БАҚЫЛАУ ӘДІСІ

Мақалада қалдықтар класында берілген мәліметтерді басқарудың сенімділігін арттыру әдісі ұсынылған. Позициялық емес кодтың позициялық белгісін алу, шегерімдер класындағы деректерді бақылаудың ұсынылған әдісінің негізі болып табылатын бір реттік кодты қалыптастыру процедуралары қарастырылған. Шегерімдер класындағы деректерді бақылау әдісі келтірілген және сипатталған. Шегерімдердің нақты сыныбы үшін бақылау әдісін іске асырудың мысалы қарастырылады. Шегерімдер класындағы деректерді жедел бақылаудың ұсынылған әдісі және оны жүзеге асыратын құрылғы бақылаудың сенімділігі өте төмен болғандықтан, шегерімдер класындағы ақпаратты жедел бақылаудың белгілі әдісіне негізделген бақылаудың сенімділігін арттыру әдісі ұсынылады. Түйіндемедегі деректерді бақылау сенімділігін есептеулер мен салыстырмалы талдау нәтижелері өңделген деректердің биттік торының ұлғаюымен қалдықтар класындағы позициялық емес кодтаудың тиімділігі едәуір артатынын көрсетті.

Түйін сөздер: деректерді бақылау, позициялық емес санақ жүйесі, позициялық белгі, позициялық емес кодтаудың тиімділігі, деректерді бақылаудың сенімділігі, ақпаратты жедел бақылау.

Abstract

METHOD FOR CONTROLLING DATA PRESENTED IN THE DEDUCTION CLASS

Akhmetov B.S.¹, Krasnobaev V. A.², Kuznetsov A. A.², Alimseitova Zh. K.³

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

²Kharkiv National University named after V.N. Karazin, Kharkiv, Ukraine

³Gumarbek Daukeyev Almaty University of energy and communications, Almaty, Kazakhstan

The article proposes a method for increasing the reliability of control of data presented in the class of residues. The procedures for obtaining a positional attribute of a non-positional code and forming a one-time code that is the basis of the proposed method for controlling data in the deduction class are considered. A method for controlling data in the deduction class is given and described. An example of implementing the control method for a specific class of deductions is considered. Since the developed method of operational control of data in the class of deductions and devices for its implementation has a very low reliability of control, a method for increasing the reliability of control based on the well-known method of operational control of information in the class of deductions is proposed. The results of calculations and comparative analysis of the reliability of control of data in class of residues showed that with an increase in the bit grid of processed data, the efficiency of non-positional coding in the class of residues increases significantly.

Keywords: data control, non-positional number system, positional feature, efficiency of non-positional encoding, reliability of data control, operational information control.

Введение

Известно, что непозиционная система счисления в классе вычетов (КВ), весьма удобна при реализации целочисленных арифметических и других модульных операций [1, 2]. Однако значительное время процедуры контроля данных снижает общую эффективность применения непозиционных кодовых структур (НКС) в КВ. Разработанные в последнее время методы оперативного контроля данных в системах обработки данных (СОД) позволяют существенно снизить время контроля, однако при этом возникает задача повышения достоверности процесса контроля [3-4]. Таким образом, важны исследования, посвященные решению задачи повышения достоверности контроля данных в КВ. Цель данной статьи – разработка метода повышения достоверности контроля данных в СОД, функционирующей в КВ.

Основная часть

Известный метод контроля данных в КВ основан на получении и использовании так называемого позиционного признака непозиционного кода (ППНК). Данный ППНК является одной из характеристик однорядового кода (ОК), получаемого из исходной (контролируемой) НКС $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ данных, представленной в КВ основаниями $\{m_i\}$, $(i = 1, n+1)$, с одним контрольным a_{n+1} остатком по контрольному основанию (модулю) m_{n+1} , при этом

$$M = \prod_{i=1}^n m_i; M_0 = \prod_{i=1}^{n+1} m_i.$$

Рассмотрим процедуру получения ППНК, на основе контролируемой НКС $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$. В общем виде ОК

$$K_N^{(n_A)} = \{Z_{N-1}^{(A)} Z_{N-1}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)}\} \quad (1)$$

представляет собой последовательность двоичных $Z_K^{(A)}$ ($K = 0, N-1$) разрядов, состоящую из единиц и только одного нуля, находящегося на n_A -м месте (считая справа, от разряда $Z_0^{(A)}$, налево, до разряда $Z_{N-1}^{(A)}$). Параметр n_A является ППНК непозиционной кодовой структуры $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ данных.

Математически параметр n_A представляет собой натуральное число, которое указывает на местоположение нулевого двоичного разряда $Z_{n_A}^{(A)} = 0$ в записи ОК $K_N^{(n_A)}$. С его помощью, с определенной W точностью, которая зависит от значения величины модуля m_i КВ, определяется номер j_i числового $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$ интервала нахождения числа A , т.е. определяется местоположение исходного числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ на числовой оси $0 \div M_0$.

Рассмотрим, процедуру формирования ОК $K_N^{(n_A)}$, являющееся основой предлагаемого метода контроля данных в КВ. Для выбранного основания m_i КВ по значению остатка a_i числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ в блоке констант нулевизации (БКН) СОД определяется константа вида $KH_{m_i}^{(A)} = (a'_1, a'_2, \dots, a'_{i-1}, a_i, a'_{i+1}, \dots, a'_{n+1})$. Далее, посредством выбранной константы $KH_{m_i}^{(A)}$ нулевизации осуществляется операция вычитания

$$A_{m_i} = A - KH_{m_i}^{(A)} = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1}) - (a'_1, a'_2, \dots, a'_{i-1}, a_i, a'_{i+1}, \dots, a'_{n+1}) = \\ = [a_1^{(1)}, a_2^{(1)}, \dots, a_{i-1}^{(1)}, 0, a_{i+1}^{(1)}, \dots, a_n^{(1)}, a_{n+1}^{(1)}].$$

Эта операция соответствует смещению контролируемого числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ на левый край интервала $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$ его первоначального (исходного) нахождения. В этом случае $A_{m_i} = j_i \cdot m_i$, т.е. число A_{m_i} кратно значению модуля m_i КВ.

Известно, что правильность числа A в КВ определяется его нахождением или нет в числовом

информационном $[0, M)$ интервале. Если число A находится вне этого интервала ($A \geq M$), то оно считается искаженным (неправильным). В этом случае по значению n_A необходимо произвести контроль правильности или нет исходного числа A путем определения факта попадания или непопадания исходного числа A в интервал $[0, M)$.

Чтобы определить факт нахождения числа в информационном $[0, M)$ числовом интервале необходимо провести совокупность операций вида

$$A_{m_i} - K_A \cdot m_i = Z_{K_A}^{(A)}. \quad (2)$$

Операции (2) проводятся одновременно и параллельно во времени посредством совокупности из N констант $K_A \cdot m_i$ вида $(K_A = \overline{0, N-1})$:

$$\begin{cases} A_{m_i} - 0 \cdot m_i = Z_0^{(A)}, \\ A_{m_i} - 1 \cdot m_i = Z_1^{(A)}, \\ A_{m_i} - 2 \cdot m_i = Z_2^{(A)}, \\ \dots \\ A_{m_i} - (N_i - 2) \cdot m_i = Z_{N-2}^{(A)}, \\ A_{m_i} - (N_i - 1) \cdot m_i = Z_{N-1}^{(A)}, \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{где } N_i = \prod_{\substack{K=1; \\ K \neq i.}}^{n+1} m_K.$$

В совокупности (3) аналитических соотношений существует единственное значение n_A из (2) для которого $Z_{K_A}^{(A)} = Z_{n_A}^{(A)} = 0$ ($K_A = n_A$), т.е. $A_{m_i} - n_A \cdot m_i = 0$. Остальные значения (2) равны $Z_l^{(A)} = 1$ ($A_{m_i} - l \cdot m_i \neq 0$; $l \neq n_A$). В общем случае количество двоичных разрядов в записи ОК $K_N^{(n_A)}$ равно значению N . Однако отметим, что для определения только факта искажения числа A нет необходимости иметь и анализировать всю последовательность из N совокупности значений $Z_{K_A}^{(A)}$ ОК $K_N^{(n_A)}$. Для этого достаточно иметь ОК $K_{N_i}^{(n_A)}$ длиной всего $N_i =]M / m_i[$ двоичных разрядов (где значение $]M / m_i[$ обозначает целую часть числа M / m_i , его не меньшую, т.е. производится округление числа M / m_i до ближайшего целого в большую сторону).

Как отмечалось выше, для установления факта правильности или нет числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$, нет необходимости анализировать все числовые интервалы $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$, расположенные вне информационного интервала $[0, M)$. Для установления только факта правильности или нет числа A , определение номеров и анализ местоположения этих интервалов $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$ не имеют никакого значения. Для контроля НКС A в КВ достаточно знать местоположение нуля в записи (1) ОК (знать численное значение n_A) только в числовых интервалах $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$, лежащих в информационном числовом интервале $0 \div M$, и в первом, находящимся после значения M , интервале, расположенном на отрезке $0 \div M_0$. Для контроля данных $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ достаточно иметь ОК $K_{N_i}^{(n_A)}$ длиной всего $N_i =]M / m_i[$ двоичных разрядов.

Суть метода контроля данных в КВ состоит в следующем. Для контролируемой НКС

$A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$, представленной в КВ, определяется ППНК n_A путем формирования ОК $K_{N_i}^{(n_A)} = \{Z_{N_i-1}^{(A)} Z_{N_i-2}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)}\}$ в виде последовательности из N_i двоичных разрядов. Выбор основания m_i КВ производится специальным образом, в соответствии с определенными критериями. Исходя из значения остатка a_i числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$, выбирается константа нулевизации вида $KH_{m_i}^{(A)} = (a'_1, a'_2, \dots, a'_{i-1}, a_i, a'_{i+1}, \dots, a'_n, a'_{n+1})$. Далее проводится реализация операции $A_{m_i} = A - KH_{m_i}^{(A)}$.

Используя N_i констант $K_A \cdot m_i$ ($K_A = \overline{0, N_i - 1}$), одновременно проводятся операции вычитания $A_{m_i} - K_A \cdot m_i$, в результате которых образуется значение двоичных разрядов $Z_{K_A}^{(A)}$, т.е. формируется ОК $K_{N_i}^{(n_A)}$. Значение ППНК n_A определяется из равенства $A_{m_i} - n_A \cdot m_i = 0$.

Рассмотрим пример реализации метода контроля для конкретного КВ, который задан основаниями $m_1 = 3, m_2 = 4, m_3 = 5, m_4 = 7$ и $m_k = m_{n+1} = m_5 = 11$.

Данный КВ обеспечивает обработку данных в однобайтовой ($l = 1$) разрядной сетке СОД. При этом $M = \prod_{i=1}^4 m_i = 420, M_0 = M \cdot m_{n+1} = 4620$. Кроме этого будем считать, что $m_i = 11$. В этом случае $N_i = N_{n+1} = \lceil M / m_i \rceil = \lceil M / m_{n+1} \rceil = \lceil 420 / 11 \rceil = \lceil 38,18 \rceil = 39$. В таблице 1 приведено содержимое БКН СОД относительно основания $m_K = m_{n+1} = 11$.

Пример 1. Провести контроль данных $A = (01, 11, 010, 000, 1001)$. По значению $a_5 = 1001$ в БКН (табл. 1) выбирается константа $KH_{m_{n+1}}^{(A)} = (00, 01, 100, 010, 1001)$.

Определим что $A_{m_{n+1}} = A - KH_{m_{n+1}}^{(A)} = (01, 10, 011, 101, 0000)$.

Так как $A_{m_{n+1}} - n_A \cdot m_{n+1} = 418 - 38 \cdot 11 = 0$, то ОК имеет вид $K_{N_i}^{(n_A)} = K_{39}^{(38)} = \{011...11...11\}$ и $n_A = 38$. Исходя из того, что $n_A = 38 < N_i = 39$ делается вывод: число A правильное (не искажено). Однако проверка показывает, что $A = 427 > M = 420$, т.е. A неправильное число (рис. 1). В этом случае при контроле данных допущена ошибка.

Таблица 1. Константы $KH_{m_{n+1}}^{(A)}$ нулевизации по основанию $m_k = m_5 = 11$

Остаток $a_k = a_{n+1}$	Константы нулевизации				
	$m_1 = 3$	$m_2 = 4$	$m_3 = 5$	$m_4 = 7$	$m_k = m_5 = 11$
	a'_1	a'_2	a'_3	a'_4	a_5
0000	00	00	000	000	0000
0001	01	01	001	001	0001
0010	10	10	010	010	0010
0011	00	11	011	011	0011
0100	01	00	100	100	0100
0101	10	01	000	101	0101
0110	00	10	001	110	0110
0111	01	11	010	000	0111
1000	10	00	011	001	1000
1001	00	01	100	010	1001
1010	01	10	000	011	1010

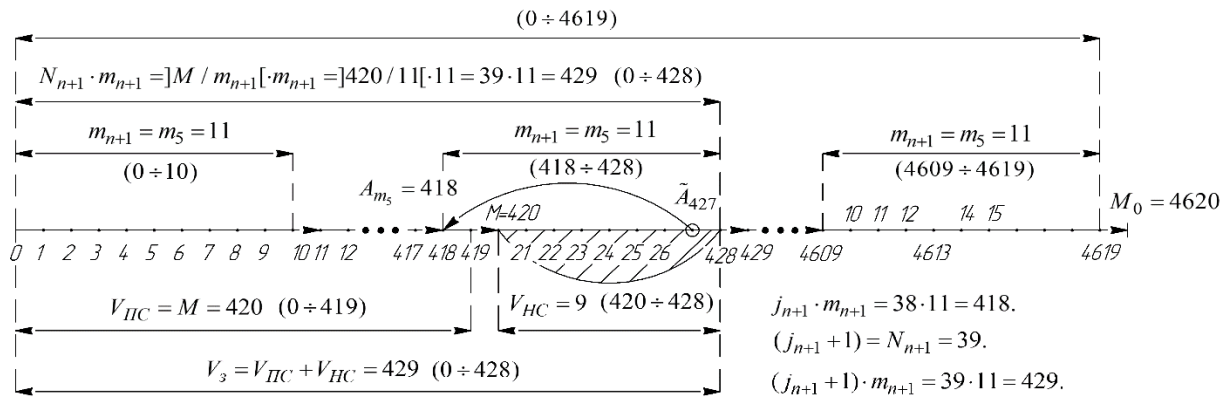


Рисунок 1. Схема контроля данных в КВ для $m_i=11$

Из примера 1 видно, что применение рассмотренного метода контроля данных в КВ не во всех случаях обеспечивает достоверный результат контроля. Действительно, существует совокупность $(j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1} - M$ неправильных \tilde{A} чисел, которые определяются системой контроля СОД как правильные, что обуславливает низкую достоверность контроля. Для примера 1, таких чисел будет более половины (табл. 2).

Таблица 2. Совокупность кодовых слов в КВ

Числовой диапазон (418, 429)	
Правильные числа A	Совокупность неправильных \tilde{A} чисел, которые определяются системой контроля СПОД как правильные
418, 419	420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428

Таким образом, очевидно, что разработанный метод оперативного контроля данных в КВ и устройства для его реализации имеет весьма низкую достоверность контроля [3, 4]. Низкая достоверность контроля данных обусловлена наличием ненулевого значения α остатка в выражении

$$\alpha = M_{n+1} / m_{n+1} - [M_{n+1} / m_{n+1}] = M / m_{n+1} - [M / m_{n+1}]. \quad (4)$$

В свою очередь наличие ненулевого $\alpha \neq 0$ остатка определяется фактом не кратности значения M контрольному модулю m_{n+1} КВ, который определяет величину числового интервала $[j_{n+1} \cdot m_{n+1}, (j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1})$ возможного нахождения числа A . В этом случае контроль данных $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ осуществляется на основе использования контрольного m_{n+1} основания КВ, путем формирования ОК

$$K_{N_{n+1}}^{(n_A)} = \{Z_{N_{n+1}-1}^{(A)} Z_{N_{n+1}-2}^{(A)} \dots Z_0^{(A)}\}. \quad (5)$$

Геометрически низкую достоверность контроля данных можно пояснить следующим образом. Числовой информационный интервал $[0, M = \prod_{i=1}^n m_i)$ не вмещает целое число отрезков длиной равных значению $m_i = m_{n+1}$. В этом случае на числовой оси $0 \div M_0$ существует числовой интервал $[j_{n+1} \cdot m_{n+1}, (j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1})$ (или $[(N_{n+1} - 1) \cdot m_{n+1}, N_{n+1} \cdot m_{n+1})$ внутри которого находится число M . Поэтому в данном интервале одновременно находится совокупность $(j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1} - M$ неправильных чисел (или $N_{n+1} \cdot m_{n+1} - M$) и совокупность $M - j_{n+1} \cdot m_{n+1}$ правильных чисел (или $M - (N_{n+1} - 1) \cdot m_{n+1}$). В процессе контроля данных A , при проведении процедуры нулевизации, все, как неправильные $(j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1} - M$, так и правильные $M - j_{n+1} \cdot m_{n+1}$ числа, смещаются на левый край (к одному правильному числу $j_{n+1} \cdot m_{n+1}$) интервала $[j_{n+1} \cdot m_{n+1}, (j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1})$. В этом

случае, системой контроля (СК) СОД, неправильные $[N_{n+1} \cdot m_{n+1}) - M]$ числа будут идентифицироваться (определяться) как правильные.

Под достоверностью контроля данных в классе вычетов будем понимать вероятность получения истинного результата операции контроля данных, представленных в КВ. В качестве показателя для количественной оценки достоверностью контроля данных в классе вычетов может воспользоваться соотношением

$$P_{\text{ок}} = V_{\text{ПС}} / V_{\text{ОС}}, \quad (6)$$

где в общем случае: $V_{\text{ПС}} = M$ – количество (от 0 до $M \div 1$) правильных ($A < M$), лежащих в рабочем числовом $[0, M_0)$ диапазоне, кодовых слов для данного КВ;

$V_{\text{ОС}} = (V_{\text{ПС}} + V_{\text{НС}})$ – общее количество кодовых слов, которые в результате проведения контроля данных считаются правильными; $V_{\text{НС}} = (N_i \cdot m_i - M)$ – количество неправильных ($A \geq M$) кодовых слов, которые в результате проведения контроля данных считаются правильными (отметим, что $N_i =]M / m_i[= j_i + 1$).

С учетом этого показатель достоверности (6) определяется соотношением

$$P_{\text{ок}} = \frac{M}{M + N_i \cdot m_i - M} = \frac{M}{N_i \cdot m_i}. \quad (7)$$

Для $m_i = m_{n+1}$ имеем, что $V_{\text{НС}} = (N_{n+1} \cdot m_{n+1} - M)$. Если $m_i = m_{n+1}$, то выражение (7) примет вид

$$P_{\text{ок}} = \frac{M}{M + N_{n+1} \cdot m_{n+1} - M} = \frac{M}{N_{n+1} \cdot m_{n+1}}. \quad (8)$$

Так, как заведомо $N_{n+1} \cdot m_{n+1} > M$ (см. (4)), то в этом случае всегда выполняется условие $P_{\text{ок}} < 1$.

Если в качестве основания m_i , определяющего величины числовых $j_i \cdot m_i \div (j_i + 1) \cdot m_i$ интервалов, возьмём информационное основание КВ, например, $m_i = m_1$, тогда

$$N_i =]M / m_i[= N_1 =]M / m_1[\text{ и } N_1 = \prod_{i=2}^n m_i.$$

В этом случае, выражение (7) примет вид

$$P_{\text{ок}} = \frac{M}{M + N_1 \cdot m_1 - M} = \frac{M}{N_1 \cdot m_1} = 1. \quad (9)$$

В этом случае имеем, что (см. выражение (4)) всегда $D = 1$, т.е., в случае выбора $m_i = m_1$, СК СОД всегда обеспечивает достоверный результат контроля данных в КВ.

Предлагаемый метод повышения достоверности контроля основан на известном методе оперативного контроля информации в КВ, который, в свою очередь, состоит из процедур получения и использования ППНК. Данный признак является одной из характеристик ОК, получаемого из исходной НКС $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ данных, представленной в КВ основаниями $\{m_i\}$, $i = 1, n + 1$, с одним контрольным основанием m_{n+1} .

Суть предлагаемого метода повышения достоверности контроля данных в КВ состоит в обеспечении максимальной $P_{\text{ок}} = 1$ достоверности контроля данных, путем обеспечения выполнение условия $\alpha = 0$ (см. выражение (4)). В этом случае для вычисления значения $N_i =]M / m_i[$ выбирается модуль m_i , определяющий номер j_i числового интервала $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$ нахождения числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$, только из совокупности n

информационных модулей КВ, которые, естественно, кратны значению M . В этом случае $\alpha = M - [M / m_i] \cdot m_i = 0$, что и обеспечивает максимальное значение показателя достоверности контроля $P_{ок} = 1$ (см. выражение (7)).

Приведем пример применения разработанного метода повышения достоверности контроля данных в КВ.

Пример 2. Из вышеприведенного КВ выбираем, например, информационное основание $m_i = m_1 = 3$. При этом $N_i = N_1 = M / m_1 = 4 \cdot 5 \cdot 7 = 140$. В этом случае рабочий числовой $[0, M_0)$ диапазон КВ разбивается на интервалы $[j_1 \cdot m_1, (j_1 + 1) \cdot m_1)$. Для значения $m_1 = 3$ информационный числовой интервал $[0, M)$ разбивается точно на $N_1 = M / m_1 = 140$ отрезков длиной три единицы каждый (см. рис. 2). В таблице 3 приведено содержимое БКН относительно основания $m_1 = 3$.

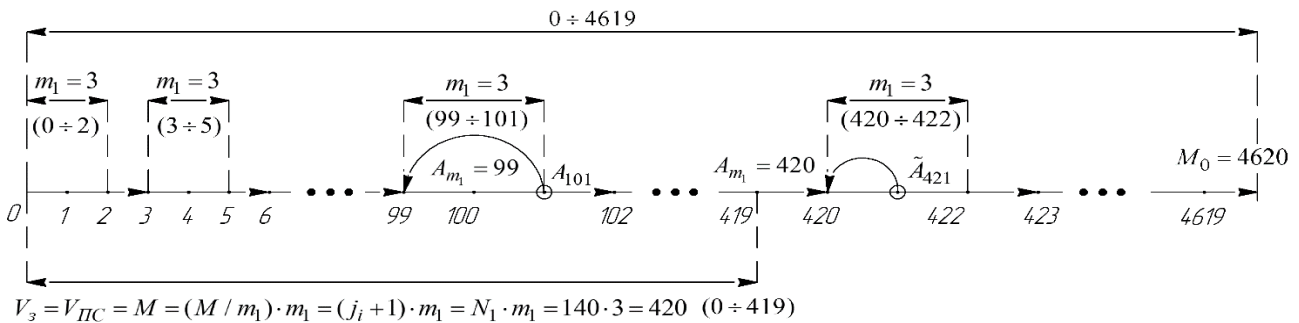


Рисунок 2. Схема контроля данных в КВ для $m_i=3$

Таблица 3. Содержимое БКН для $m_1 = 3$

a_i	Константы				
	$m_1 = 3$	$m_2 = 4$	$m_3 = 5$	$m_4 = 7$	$m_5 = 11$
00	00	00	000	000	0000
01	01	01	001	001	0001
10	10	10	010	010	0010

Пусть необходимо провести контроль числа $A = (01, 11, 010, 000, 1001)$. По значению $a_1 = 01$ в БКН (табл. 3) выбираем константу нулевизации вида $KH_{m_1}^{(A)} = (01, 01, 001, 001, 0001)$. Далее определяем $A_{m_1} = A - KH_{m_1}^{(A)} = (00, 10, 001, 110, 1000)$. Если $A_{m_1} - n_A \cdot m_1 = 426 - 142 \cdot 3 = 0$, то ОК имеет вид $K_{N_i}^{(n_A)} = K_{140}^{(142)} = \{Z_{139}^{(A)} Z_{138}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)}\} = \{11 \dots 11 \dots 11\}$. Так как $N_i = 140 < n_A = 142$, то есть ошибка в числе A [5]. Проверка: $A = 427 > M = 420$. Число $A > M$, т.е. оно неправильное (искажено). В таблице 4 приведены результаты расчета и сравнительного анализа достоверности контроля данных в КВ.

Таблица 4. Результат расчёта значений D_i и D_{n+1} достоверности контроля в КВ

№ п.п.	m_{n+1}	M	M / m_{n+1}	$]M / m_{n+1}[$	$N_{n+1} =]M / m_{n+1}[\cdot m_{n+1}$	D_{n+1}	$D_i, i = \overline{1, n}$	Выигрыш в [%]
	1	2	3	4	5	6	7	
1	11	420	38,2	39	429	0,979	1	2,1
2	13	420	32,3	33	429	0,979	1	2,1
3	17	420	24,7	25	425	0,988	1	1,2
4	19	420	22,1	23	437	0,961	1	3,9
5	23	420	18,2	19	437	0,961	1	3,9
6	29	420	14,4	15	435	0,965	1	3,5

Выводы

В статье предложен метод контроля данных в КВ. Применения данного метода обеспечивает получения достоверного результата контроля данных в КВ.

Результаты расчетов и сравнительного анализа достоверности контроля данных в КВ показал, что с ростом разрядной сетки обрабатываемых данных в СОД, эффективность непозиционного кодирования в классе вычетов существенно возрастает.

Список использованной литературы:

- 1 Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. *Машинная арифметика в остаточных классах*. М.: Советское радио, 1968. – 440 с.
- 2 *Материалы Международной научно-технической конференции "50 лет модулярной арифметике"*. МИЭТ, г. Зеленоград. Моск. обл. 23-25 ноября 2005г.
- 3 Ахметов Б.С., Кузнецов А.А., Краснобаев В.А., Алимсеитова Ж.К., Кузнецова Т.Ю. *Основы криптографии: элементы теории чисел, групп, полей, колец*. Учебное пособие. – Алматы, 2019. – 320 с.
- 4 Krasnobayev V., Kuznetsov A., Kononchenko A., Kuznetsova T. *Method of data control in the residue classes*. In *Proceedings of the Second International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2019)*, Zaporizhzhia, Ukraine, April 15-19, 2019, pp. 241–252. 2019.
- 5 Krasnobayev V., Dyachenko A., Lokotkova I., Kuznetsova T., Florov S. and Kotukh Y., *Method of Data Operative Control in the Residues Class*, 2019 *IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 477-482. DOI: 10.1109/PICST47496.2019.9061239
- 6 Krasnobayev V., Kuznetsov A., Yanko A., and Kuznetsova K., *The data errors control in the modular number system based on the nullification procedure* in *Proceedings of The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020)*, Zaporizhzhia, Ukraine, April 27-May 1, 2020 (S. Subbotin, ed.), vol. 2608 of *CEUR Workshop Proceedings*, pp. 580–593, CEUR-WS.org, 2020. <http://ceur-ws.org/Vol-2608/paper45.pdf>

References

1. Akushskij I.Ja., Judickij D.I. (1968) *Mashinnaja arifmetika v ostatochnyh klassah* [Machine arithmetic in residual classes]. Sovetskoe radio. 440. (In Russian)
2. (2005) *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii "50 let moduljarnoj arifmetike"* [Materials of the International Scientific and Technical Conference "50 years of modular Arithmetic"]. MIJeT, g. Zelenograd. Mosk. obl. 23-25 nojabrja 2005g. (In Russian)
3. Ahmetov B.S., Kuznecov A.A., Krasnobayev V.A., Alimseitova Zh.K., Kuznecova T.Ju. (2019) *Osnovy kriptografii: jelementy teorii chisel, grupp, polej, kolec* [Fundamentals of cryptography: elements of the theory of numbers, groups, fields, rings]. Uchebnoe posobie. Almaty. 320. (In Russian)
4. Krasnobayev V., Kuznetsov A., Kononchenko A., Kuznetsova T. (2019) *Method of data control in the residue classes*. In *Proceedings of the Second International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2019)*, Zaporizhzhia, Ukraine, 241–252. (In English)
5. Krasnobayev V., Dyachenko A., Lokotkova I., Kuznetsova T., Florov S. and Kotukh Y., (2019) *Method of Data Operative Control in the Residues Class*, 2019 *IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 477-482. DOI: 10.1109/PICST47496.2019.9061239. (In English)
6. Krasnobayev V., Kuznetsov A., Yanko A., and Kuznetsova K., (2020) *The data errors control in the modular number system based on the nullification procedure* in *Proceedings of The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020)*, Zaporizhzhia, Ukraine, April 27-May 1, 2020 (S. Subbotin, ed.), vol. 2608 of *CEUR Workshop Proceedings*, 580–593, CEUR-WS.org. <http://ceur-ws.org/Vol-2608/paper45.pdf>. (In English)

МРНТИ 14.01.85
УДК 37.013.32

<https://doi.org/10.51889/2020-3.1728-7901.25>

Т. Балықбаев

Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В КАЗНПУ ИМЕНИ АБАЯ: МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация

В статье исследуются модели и технологии цифровой экосистемы образовательной среды КазНПУ имени Абая в контексте дистанционного обучения. Цифровая экосистема университета определяется как интегрированная многокомпонентная система, включающая обучение, измерение результатов образования, научные исследования, внеучебные проекты и движения, организационно - управленческие решения, а также способы их реализации, призванная обеспечить информационные потребности всех участников системы. Проведен анализ проектов и решений в разрезе описанных компонентов интегрированной экосистемы вуза. Рассмотрены модели и технологии дистанционного обучения - онлайн, офлайн, перевернутый класс, смешанное обучение.

Также проанализированы инновационные формы контроля и оценки учебных достижений. Также в статье описаны результаты социологического исследования готовности преподавателей и студентов университета к дистанционному обучению, преимуществ использования его различных моделей и технологий.

Ключевые слова: дистанционное обучение, экосистема цифровой образовательной среды, перевернутый класс, смешанное обучение, онлайн, офлайн, контроль знаний.

Аңдатпа

Т. Балықбаев

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
**АБАЙ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНДЕ
ҚАШЫҚТАН ОҚЫТУ: МОДЕЛДЕРІ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ**

Мақалада қашықтықтан оқыту жағдайындағы Абай атындағы ҚазҰПУ-дегі білім беру ортасының цифрлық экожүйесінің модельдері мен технологиялары қарастырылған. Университеттің цифрлық экожүйесі жүйеге қатысушылардың барлығының ақпараттық қажеттіліктерін қанағаттандыруды, білім беру нәтижелерін өлшеуді, ғылыми зерттеулерді, сыныптан тыс жобалар мен қозғалыстарды, ұйымдастырушылық және басқарушылық шешімдерді, сондай-ақ оларды жүзеге асыру жолдарын қамтитын интеграцияланған көп компонентті жүйесі ретінде анықталады. Университеттің интеграцияланған экожүйесінің сипатталған компоненттері тұрғысынан жобалар мен шешімдерге талдау жасалады. Қашықтықтан оқытудың модельдері мен технологиялары - онлайн, офлайн, төңкерілген сабақ, аралас оқыту қарастырылады. Оқу жетістіктерін бақылау мен бағалаудың инновациялық түрлері талданды. Сондай-ақ, мақалада университет оқытушылары мен студенттерінің қашықтықтан оқуға дайындығын, оның әртүрлі модельдері мен технологияларын пайдаланудың артықшылықтарын социологиялық зерттеу нәтижелері сипатталған.

Түйін сөздер: қашықтықтан оқыту, сандық білім беру ортасының экожүйесі, ауыспалы сынып, аралас оқыту, онлайн, офлайн, білімді бақылау.

Abstract

DISTANCE LEARNING IN ABAI KAZNPU: MODELS AND TECHNOLOGIES

Balykbaev T.

Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

The article examines the models and technologies of the digital ecosystem of the educational environment of Abai KazNPU in the context of distance learning. The digital ecosystem of the university is defined as an integrated multicomponent system that includes training, measurement of educational results, research, extracurricular projects and movements, organizational and managerial decisions, as well as ways of their implementation, designed to meet the information needs of all participants in the system. The analysis of projects and solutions in the context of the described components of the integrated ecosystem of the university is carried out. Models and technologies of distance learning - online, offline, flipped class, blended learning are considered. Also analyzed are innovative forms of control and assessment of educational achievements. The article also describes the results of a sociological study of the readiness of university teachers and students for distance learning, the advantages of using its various models and technologies.

Keywords: distance learning, digital educational environment ecosystem, flipped classroom, blended learning, online, offline, knowledge control.

В своем выступлении на общеполитических дебатах 75-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН (23.09.2020), президент Республики Казахстан Касым-Жомарт Токаев обозначил важную миссию человечества «Следует не допустить превращения крупнейшего в современной истории сбоя систем образования в "катастрофу поколения"[1].

Очевидность того, что глобальная пандемия оказывает существенное влияние на казахстанскую систему образования неоспорима. В связи с этим возникает острая необходимость в совершенствовании цифровой экосистемы образовательной среды вуза, как гарантии эффективности дистанционного обучения.

Анализ диссертационных работ за последние годы показывает рост внимания исследователей во всем мире к изменению устройства образовательного процесса, его организационных форматов и применяемых инновационных педагогических технологий. Частично проблемы информатизации образования в современных условиях нашли отражение в исследованиях зарубежных и отечественных ученых (Григорьев С.Г., Гриншкун В.В., Бидайбеков Е.Ы., Джусубалиева Д.М., Лактионова С., Артыкбаева Е.В. и др. [2-3]); моделирование информационной образовательной среды вуза (Ахметов Б.С., Байганова А.М. [4]). Однако, становление мирового образовательного пространства, широкий культурный обмен, интенсивный поиск и внедрение дистанционного обучения, связанного с возможностью организовать для обучающихся цифровое образовательное пространство, требуют переосмысления актуальных форм и содержания университетского образования.

КазНПУ имени Абая рассматривает цифровую трансформацию как создание единой цифровой экосистемы. Цифровая экосистема вуза – это интегрированная система, компоненты которой соответствуют учебной, внеучебной, научной и методической деятельности, измерению, контролю и оценке результатов обучения, деятельности по управлению вузом.

Для экстренного перехода на удаленное обучение, в связи с пандемией вузом были поставлены и решены задачи по следующим направлениям:

- учебная компонента, включающая обоснование использования существующих дидактических моделей дистанционного обучения и внедрение лучших практик в учебный процесс;
- компонента измерения результатов образования, охватывающая разработку технологии организации и проведения процедур промежуточного и итогового контроля, оценки результатов обучения с использованием прокторинговой системы;
- научно-исследовательская компонента, содержащая автоматизацию научной и научно-методической работы;
- внеучебная компонента;
- организационно-управленческая компонента, заключающейся в автоматизации процессов управления вузом, системой документооборота.

Рассмотрим последовательно каждую из компонент.

Учебная компонента. Университет задолго до объявления карантина начал внедрение дистанционного обучения с помощью систем “Univer” и LMS “Moodle” по 29 педагогическим образовательным программам. Для управления и обеспечения учебного процесса расширен функционал системы “Univer”, обновлены и дополнены учебные материалы по всем образовательным программам, в том числе учебные видеоматериалы. Система Univer – взаимосвязанная совокупность информационных ресурсов, содержащая административно-академическую и учебно-методическую информацию, позволяющая организовать образовательный процесс по ДОТ.

Модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда Moodle использовалась для управления курсами дистанционного обучения. На платформе размещались учебные материалы любых форматов, в том числе видеуроки, организовывались обсуждения и творческая совместная деятельность, интерактивное общение ППС и обучающихся. В системе контроля знаний размещались задания, опросы, тесты, происходила настройка условий контроля и оценивания. Велся постоянный мониторинг действий обучающихся и информирование о предстоящих событиях. При обосновании использования существующих дидактических моделей дистанционного обучения и внедрения лучших практик в учебный процесс (в том числе и опыт университета University of Maryland, USA), были рассмотрены возможные варианты организации дистанционного обучения, поскольку от этого зависит выбор технологии и структурирования содержания обучения и самого учебного процесса [5].

В КазНПУ реализованы следующие модели дистанционного обучения

- онлайн проведение занятий на базе стриминговых платформ,
- офлайн - использование печатного материала или видеозаписи,

- *перевернутый класс* - онлайн-консультация, самостоятельная работа обучающихся, дискуссии и обсуждение, оценивание, также

- *смешанное обучение* с различным соотношением очного и онлайн-форматов.

Для повышения уровня цифровых навыков у обучающихся по педагогическим образовательным направлениям введены дисциплины «Информационные и коммуникационные технологии» по всем образовательным направлениям, «Цифровые технологии в образовании», «Дистанционно-образовательные технологии», а также по образовательным направлениям подготовки «Биология», «Химия», «Физика», «Информатика», студенты обучаются на английском языке на образовательной платформе OpenU (Открытый университет Казахстана). Платформа предлагает для каждого без ограничений бесплатный доступ к онлайн-курсам от ведущих вузов и преподавателей страны. Кроме этого в КазНПУ им.Абая разработано положение о признании результатов неформального образования, таких как МООС НИУ ВШЭ, OpenU.

Существенным фактором обеспечения эффективности функционирования цифровой экосистемы вуза является уровень *цифрового неравенства* среди профессорско-преподавательского состава и студентов. Для определения *возможности доступа к цифровым устройствам и Интернету* проведено анкетирование, результаты которого продемонстрировали, что

- у 93% опрошенных (799 из 860) профессорско-преподавательского состава имеются цифровые устройства (смартфон, компьютер, ноутбук);

- 97% (835 из 860) из числа опрошенных ППС имеют возможность выхода в Интернет;

- 85 % обучающихся (7574 из 8870) имеют цифровые устройства и 86% указали на стабильные показатели Интернета.

Университет обеспечил цифровыми устройствами 61 преподавателя. Студентам, было рекомендовано воспользоваться Интернетом в районных центрах, средних школах и предоставлена возможность офлайн обучения.

Во многом успех деятельности преподавателя и обучающихся зависит от информационно-методического обеспечения дистанционного обучения:

- интерактивные онлайн доски Miro, Padlet для совместной работы распределенных команд (в том числе при дистанционной работе отдельных обучающихся);

- OpenBroadcasterSoftware, VideoPad, OBS Studio – цифровые технологии для создания видеолекции;

- Kahoot, Edpuzzle, Quizz, CoreApp, Quizlet, Socrative – цифровые технологии для создания интерактивных заданий;

- Edpuzzle – для создание видеофрагментов с аудио и текстовыми заметками, вопросами и заданиями к ним;

- DownSub, Alot, Advengo – для отслеживание цифрового следа и семантического анализа текста, а также для проверки на плагиат;

- Merlot – виртуальные лаборатории.

Для обучающихся естественно-математического направления подготовки используются ресурсы VirtuLab, на котором представлены виртуальные лабораторные работы по физике, астрономии, химии, биологии и экологии. Для е-практикумов по образовательной робототехнике и мехатронике – Robotc, Autodesk TinkerCad. С учетом особенностей творческих направлений подготовки (Музыка, Изобразительное искусство, Физическая культура и т.д.) используется специализированное программное обеспечение – Piano, VideoPad и т.д.

Для обучающихся с ограниченными возможностями, используются видеолекции с титрами. При этом для организации дистанционного обучения активно используются стриминговые платформы Discord, MS Teams, ZOOM (500 акк.), Google Meet (100 акк.) и др.. Они позволяют смоделировать реальную учебную среду, в которой студенты взаимодействуют друг с другом и с преподавателем. Таким образом, цифровая среда КазНПУ является виртуальной аудиторией, давая обучающимся доступ к образованию из любой точки Казахстана.

Компонента измерения результатов образования. Для дистанционного проведения промежуточной и итоговой аттестации в форме тестирования, письменного и устного экзамена, использовались *синхронные* (Google Meet) и *асинхронные прокторинговые системы* (Oes), а также системы – онлайн расписание, апелляция, протоколы, ведомости; отслеживался цифровой след для выявления академической честности обучающихся.

Верификацию обучающегося, запись с экрана компьютера во время экзамена обеспечивала прокторинговая система «OES». После интеграции с информационной системой Univer, был проведен стресс-тест для проверки устойчивости работы системы в ходе проведения экзамена. Система работает на любых цифровых устройствах – смартфон, компьютер и пр. В пробном

тестировании приняли участие 7397 (83,3%) обучающихся, которые ознакомились с различными моделями проведения дистанционной итоговой аттестации (письменный, устный, тестирование, предзащита и защита выпускных работ), а также убедились в доступности информационных систем и их инструментов через логины и пароли, апробировали свои цифровые устройства. С целью осуществления выбора номера билета при устном и письменном экзамене был использован онлайн сервис RandStuff.ru, для генерации случайных чисел. Для дальнейшего совершенствования технологий контроля и мониторинга результатов оценивания университетом рассматриваются современные методы контроля и оценки учебных достижений обучающихся, такие как *Open-book*, *Open Paper*, *Take Home exam*, *Thinking exam*, *Practical exam* и *автоматизированные прокторинговые системы* для проверки соответствия биометрических данных экзаменуемых [6]. Разрабатываются инновационные формы сбора цифровых данных - *цифровой профиль педагога* и *цифровое портфолио студента*.

Для регламентации процедур проведения промежуточной и итоговой аттестации университетом подготовлены следующие положения и инструкции:

- цифровой этикет;
- цифровая подпись, QR-код к электронным документам;
- промежуточная и итоговая аттестация;
- защита дипломных работ и магистерских диссертаций;
- тестирование и их виды;
- процедура апелляции;
- прокторинговые системы;
- деятельность проктора;
- процедура выставления суммативной оценки;
- вступительные творческие экзамены;
- письменный экзамен для поступления в PhD докторантуру и др.

Проведено обучение более 500 членов экзаменационных комиссий (председатель, преподаватели, рецензенты), 18-ти сотрудников университета и 1118 студентами и магистрантами выпускных курсов.

Научно-исследовательская компонента включает

- *страницы Интернет-сайта вуза, посвященные научным разработкам*: системы хранения результатов научных исследований; научные статьи педагогов, студентов и сотрудников вуза; электронные версии печатных научных изданий;

- *средства передачи научной информации*: средства сетевого доступа к фондам библиотеки вуза; сетевые каталоги научной библиотеки вуза;

- *средства обработки научной информации*: специализированные средства обработки и представления информации, необходимой для проведения научных исследований (антиплагиат, доступ к наукометрическим базам данных КазНЭБ, РМЭБ, «Лань», EBSCO, IPR-books, Oxford и т.д).

Разработку методик, технологий и средств для внедрения в дистанционное обучение студентов и преподавателей обеспечили:

- Международная научная лаборатория проблем информатизации образования и образовательных технологий, осуществляющая совместные программы, научные проекты, исследования, международные экспертизы всех этапов научных исследований;

- Педагогический STEM-парк, включающий учебные лаборатории: робототехники, измерительных систем, мехатроники обеспечивающие внедрение инновационного развития учебной мехатроники, робототехники и других видов технического творчества.

Внеучебная компонента, как составляющая профессиональной подготовки студентов на современном этапе, включает следующие проекты:

- Социальный Проект «Цифровой волонтер», охватывает более 70 человек из числа профессорско-преподавательского состава, с высоким уровнем цифровой грамотности, сотрудников и обучающихся университета. Проект направлен на уменьшение уровня цифрового неравенства в обществе, апробирование и масштабирование различных видов волонтерской работы в цифровой среде КазНПУ. Проект призван помочь нуждающимся в освоении цифровой техники (компьютеры, планшеты, смартфоны, ноутбуки), также в установке программного обеспечения, в знакомстве с порталом государственных услуг и различными образовательными сервисами интернета.

- Центр поддержки молодежных инициатив «Smart students», организовал и провел тематическую серию вебинаров, социальной и психологической значимости на актуальные темы: «Психологические особенности взаимодействия участников дистанционного обучения», «Психологические особенности