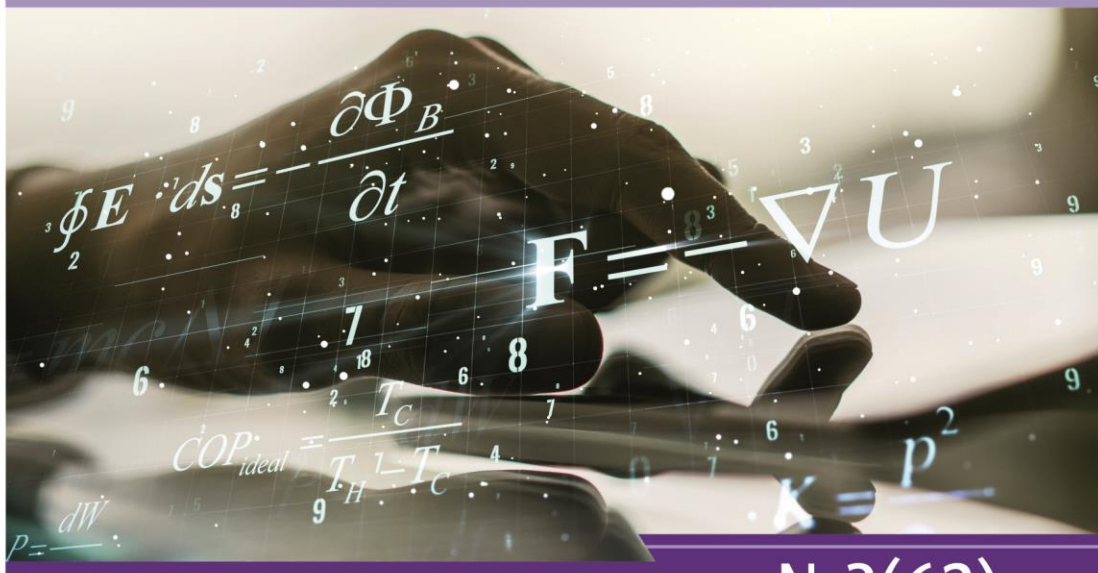




НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№3(62)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2023



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам LXII международной
научно-практической конференции*

№ 3 (62)
Апрель 2023 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2023

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам LXII междунар. науч.-практ. конф. – № 3 (62). – М.: Изд. «МЦНО», 2023. – 34 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2023

Оглавление	
Раздел 1. Технические науки	4
1.1. Транспорт	4
ТОПЛИВОПОДАЧА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ НАСОСАХ ДИЗЕЛЯ С НОВЫМ МЕТОДОМ ДОЗИРОВАНИЯ Годжаев Курбан Музаффар оглы	4
1.2. Энергетика	16
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПРИ РАЗВИТИИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ Бертман Святослав Сергеевич Сироткина Лилия Витальевна	16
Физико-математические науки	20
Раздел 2. Математика	20
2.1. Математическая логика, алгебра и теория чисел	20
МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯМ ЧИСЕЛ В КУРСЕ АЛГЕБРЫ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ Халыкберген Болат Халыкбергенұлы Каскатаева Б.Р.	20
Раздел 3. Физика	28
3.1. Оптика	28
ОПТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ТРАДИЦИОННОГО БЕТОНА С БИОЛОГИЧЕСКИМ БЕТОНОМ С ДОБАВЛЕНИЕМ ВЯЖУЩИМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ Тураходжаева Фазилатхон Надыровна Бойназаров Илхом Рустамович Кучкарова Нозимахон Рузиев Фарид Муртозаевич	28

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. ТРАНСПОРТ

ТОПЛИВОПОДАЧА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ НАСОСАХ ДИЗЕЛЯ С НОВЫМ МЕТОДОМ ДОЗИРОВАНИЯ

Годжаев Курбан Музаффар оглы

старший преподаватель

кафедры Транспорт и логистика,

Азербайджанский Технический Университет

Азербайджан, г. Баку

A FUEL SUPPLY IN DISTRIBUTION DIESEL PUMP BY THE NEW DOSING METHOD

Gurban Gojayev

Senior Lecturer,

Department of Transport and Logistics,

Azerbaijan Technical University,

Azerbaijan, Baku

Аннотация. Для улучшения работы системы топливоподачи в распределительных топливных насосах дизеля проведены сравнительные исследования нового метода дозирования и управления цикловой подачей. На математической модели с использованием метода «распада разрыва» проведены исследования нового метода дозирования и их преимуществ. На математической модели вычислены и составлены соот-

ветствующие диаграммы топливоподачи на различных режимах работы распределительного дизельного насоса высокого давления.

Abstract. A comparative studies of a new dosing method and control of cyclic supply to improve the operation of fuel supply system in diesel distribution diesel pumps were carried out. Using the “gap decay” method on a mathematical model, studies of a new dosing method and their advantages were fulfilled. The corresponding fuel supply diagrams were calculated and compiled on the mathematical model for various operating modes of the high pressure distribution diesel pump.

Ключевые слова: распределительный топливный насос; нагнетающий плунжер; дозирующий плунжер; надплунжерный объём; ход плунжера; трубопровод высокого давления.

Keywords: Distribution fuel pump; pumping plunger; dosing plunger; on plunger volume; displacement of plunger; high pressure bore.

Актуальность работы. Исследования в направлении усовершенствования традиционных топливных систем дизеля, работы по улучшению характеристик топливоподачи и приведения их в соответствии к экологическим нормам делает актуальным проведённые исследования и их значение.

В распределительных, особенно роторных дизельных насосах при больших оборотах двигателя в связи с высокой интенсивностью работы нагнетающего плунжера равномерность распределения цикловой подачи топлива по цилиндрам ухудшается. Это приводит к ухудшению характеристик впрыска топлива и соответственно, характеристик двигателя. При этом традиционный способ золотникового дозирования цикловой подачи топлива не обеспечивает равномерность цикловой подачи особенно на больших скоростных режимах.

В традиционных распределительных дизельных топливных насосах золотниковое дозирование цикловой подачи топлива осуществляется следующим образом.

В распределительных насосах с внешним кулачковым механизмом, в которых кулачковый вал расположен соосно с нагнетающим плунжером, дозирование происходит за счёт перемещения втулки дозатора вдоль оси плунжера. При перемещении втулки дозатора к нижней мёртвой точке (НМТ) плунжера, отверстие канала отсечки топлива, находящееся на плунжере открывается раньше по ходу плунжера, в результате чего цикловая подача топлива становится минимальной. А при перемещении втулки дозатора к верхней мёртвой точке (ВМТ) плунжера, отверстие канала отсечки топлива открывается позже по ходу

плунжера и цикловая подача становится максимальной. Рычаг перемещения втулки дозатора кинематически связан с органом управления регулятора насоса, который управляет цикловой подачей топлива в зависимости от скоростного режима работы дизеля.

На используемых насосах с внутренним кулачковым механизмом (роторные) дозирование происходит за счёт перемещения дозаторного электромагнитного клапана, который управляется электронным блоком управления (ЭБУ).

Одним из недостатков золотникового метода дозирования является то, что в моменты перекрытия и открытия проходных сечений соответствующих каналов в начале и в конце впрыска соответственно, имеются продолжительные периоды дросселирования топлива в малых проходных сечениях, в результате чего в эти моменты процесс впрыска топлива происходит при малых давлениях впрыска. Предлагаемый же метод дозирования исключает это явление в начальный период впрыска, тем самым способствуя повышению давления в начальный период впрыска. Кроме того, в результате отмеченного явления, также можно ожидать повышения равномерности распределения цикловой дозы топлива по отдельным секциям насоса.

Предлагаемый метод дозирования и управления цикловой подачей должен обеспечить эффективность дозирования подачи на всех оборотах работы дизеля, особенно на низких и на больших нагрузочных режимах.

Предмет и методы исследования. Исследования методом вычислительного эксперимента на математической модели проводились с системой подачи топлива с распределительным насосом с новой системой дозирования, позволяющей улучшить характеристики системы дозирования и управления цикловой подачей дизеля [1, 4, 5, 6]. Сравнительные диаграммы экспериментального исследования указанной системы топливоподачи приводятся на нижеследующих рисунках.

Нами проведено расчетное исследование системы топливоподачи с предлагаемой системой дозирования с использованием усовершенствованной проверенной на адекватность математической модели, в которой учитывается двухфазность газожидкостной среды [2, 3]. Уравнения потока математической модели решены методом "распада разрыва" академика С.К.Годунова [9].

Адекватность использованной математической модели процесса топливоподачи была исследована и подтверждена в работе [3]. В ней для описания неустановившегося потока топлива в трубопроводе высокого давления используется система дифференциальных уравнений сплошности и количества движения:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho w^2 + P)}{\partial x} = -\frac{\lambda_T}{2d_T} \rho w^2, \quad (2)$$

где: ρ – плотность двухфазной газожидкостной среды, w – скорость потока в трубопроводе высокого давления; x – координата по длине трубопровода; τ – время; P – давление двухфазной газожидкостной среды, λ_T , d_T – соответственно, коэффициент гидравлического сопротивления и внутренний диаметр трубопровода.

Для определения давления двухфазной газожидкостной среды было использовано выражение:

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = c^2 \frac{\partial \rho}{\partial \tau}, \quad (3)$$

где c – скорость распространения волны давления, которая принимается равной скорости звука в среде.

В математической модели были также использованы уравнения массового баланса для различных полостей исследуемой топливовпрыскивающей системы, в том числе для надплунжерной, клапанной полости насоса и для полости форсунки (рис. 1).

Для надплунжерной полости насоса уравнение массового баланса среды имеет вид:

$$\frac{dG_H}{d\tau} = -\mu_0 f_0 \rho_{H(вс)} w_{вс} - \mu_k f_k \rho_{H(k)} w_k, \quad (4)$$

где: G_H – масса жидкой или двухфазной среды в надплунжерной полости насоса; $\mu_0 f_0$ и $\mu_k f_k$ – соответственно, эффективные проходные сечения наполнительных и отсечных окон втулки плунжера и нагнетательного клапана; $w_{вс}$ и w_k – соответственно, скорости истечения среды через наполнительные и отсечные окна втулки плунжера и нагнетательного клапана; $\rho_{вс}$, ρ_H и ρ_k – плотность среды, которая находится во всасывающей полости насоса (в системе низкого давления), над плунжером и над нагнетательным клапаном, соответственно (двойные индексы “H(вс)” и “H(k)” означают полости выхода среды в

зависимости от направления истечения во время расчёта скоростей w_{bc} и w_k , соответственно).

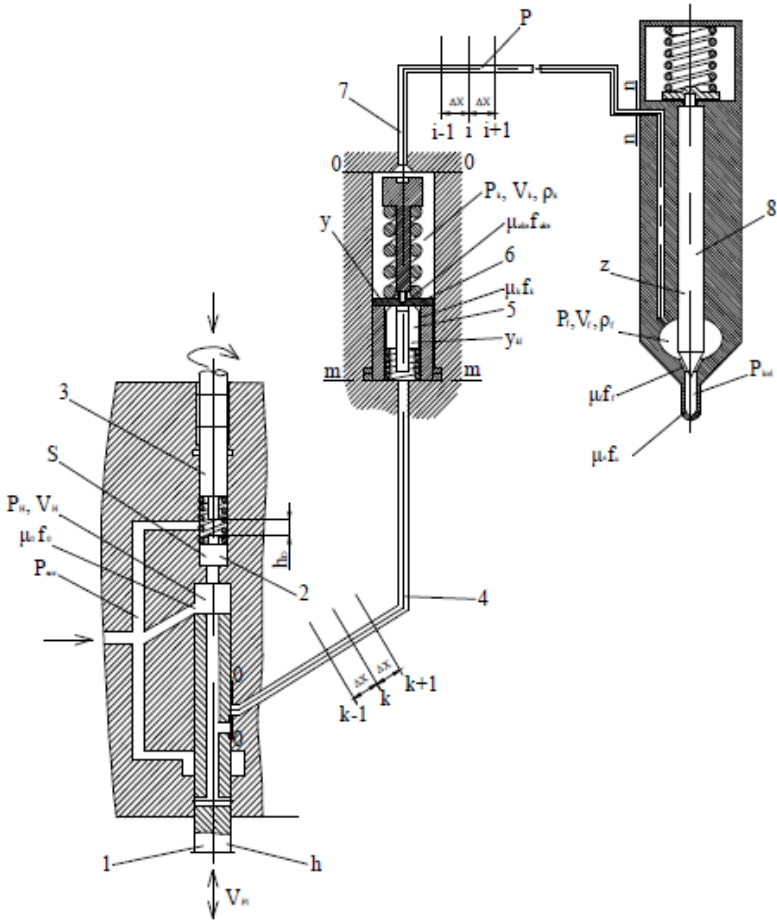


Рисунок 1. Расчётная схема топливовпрыскивающей системы:

- 1 – нагнетающий плунжер; 2 – дозирующий плунжер;
- 3 – ограничитель; 4 – распределительный канал; 5 – обратный клапан; 6 – плоский нагнетающий клапан двухстороннего действия;
- 7 – трубопровод высокого давления; 8 – игольчатый клапан форсунки

Для подклапанной полости насоса уравнение массового баланса среды имеет вид:

$$\frac{dG_{KA}}{d\tau} = \mu_{KA} f_{KA} \rho_{H(K)} w_K - \mu_0 f_0 \rho_{H(S)} w_S, \quad (5)$$

где: G_{KA} – масса жидкой или двухфазной среды в подклапанной полости насоса.

Для надклапанной полости насоса уравнение массового баланса среды имеет вид:

$$\frac{dG_{KH}}{d\tau} = \mu_{KH} f_{KH} \rho_{KH} w_K - \mu_{KH} f_{KH} \rho_{KH} w_K, \quad (6)$$

здесь: G_{KH} – масса жидкой или двухфазной среды в надклапанной полости насоса, $\mu_{KH} f_{KH}$ – эффективное проходное сечение объёма над нагнетательным клапана насоса; ρ_{KH} – плотность среды в объёме над нагнетательным клапаном насоса.

Для форсунки уравнение массового баланса среды имеет вид:

$$\frac{dG_{\phi}}{d\tau} = \rho_n f_n w_n - \mu_{\phi} f_{\phi} \sqrt{2\rho_{\phi} (P_{\phi} - P_u)}, \quad (7)$$

здесь: G_{ϕ} – масса жидкой или двухфазной среды в полости форсунки; ρ_n – плотность топлива в трубопроводе высокого давления; f_n – площадь поперечного сечения трубопровода высокого давления; w_n – скорость топлива в трубопроводе высокого давления; μ_{ϕ} – коэффициент расхода распылителя форсунки; f_{ϕ} – площадь сечения отверстий распылителя форсунки; ρ_{ϕ} – плотность топлива в объёме форсунки; P_{ϕ} – давление в объёме форсунки; P_u – давление газов в цилиндре.

Результаты исследования. В Азербайджанском Техническом Университете проведены расчетные и экспериментальные исследования работы системы топливоподачи с новой системой дозирования в распределительном насосе высокого давления НД-21/4.

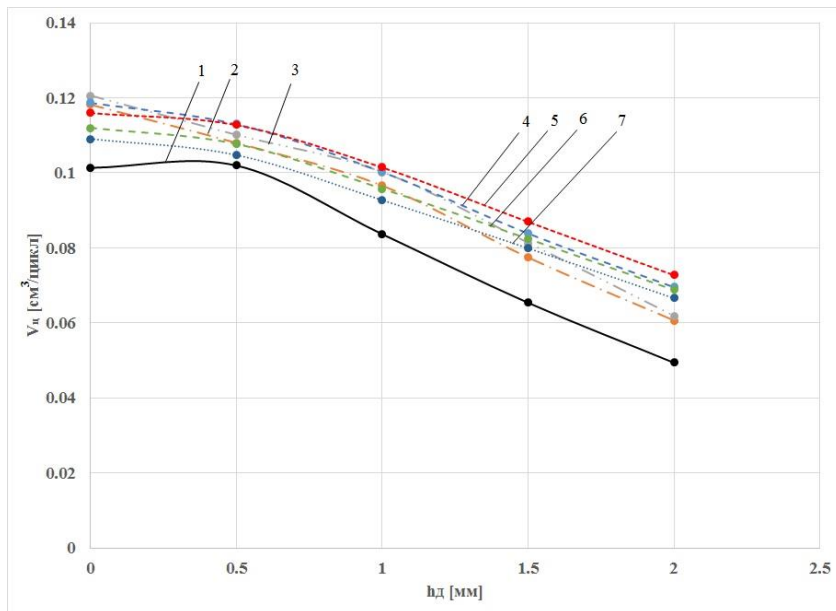


Рисунок 2. Расчетные зависимости цикловой подачи насоса от хода дозирующего плунжера при разных частотах вращения кулачкового вала топливного насоса:

1 – $n = 400 \text{ мин.}^{-1}$; 2 – $n = 500 \text{ мин.}^{-1}$; 3 – $n = 600 \text{ мин.}^{-1}$; 4 – $n = 700 \text{ мин.}^{-1}$; 5 – $n = 800 \text{ мин.}^{-1}$; 6 – $n = 900 \text{ мин.}^{-1}$; 7 – $n = 950 \text{ мин.}^{-1}$

На рис.2 приведен расчётный график зависимости цикловой подачи топлива от хода дозирующего плунжера при различных частотах вращения кулачкового вала насоса. Расчетные кривые более пологие при ходе дозирующего плунжера $h_{д} = 2 \text{ мм}$. Цикловая подача, при этом устанавливается на уровне $V_{ц} = 0.067 \text{ см}^3/\text{цикл}$ при частоте вращения вала насоса $n = 950 \text{ мин.}^{-1}$.

На рис.3 приведен график экспериментального исследования влияния перемещения дозирующего плунжера на цикловую подачу топлива при различных оборотах насоса.

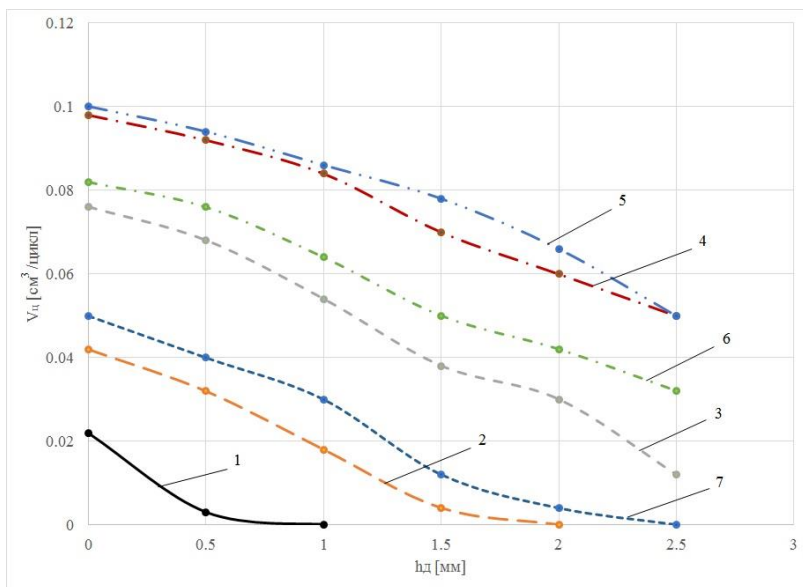


Рисунок 3. Экспериментальные зависимости цикловой подачи топлива от хода дозирующего плунжера на разных оборотах насоса: 1 – $n = 400$ мин.⁻¹; 2 – $n = 500$ мин.⁻¹; 3 – $n = 600$ мин.⁻¹; 4 – $n = 700$ мин.⁻¹; 5 – $n = 800$ мин.⁻¹; 6 – $n = 900$ мин.⁻¹; 7 – $n = 950$ мин.⁻¹

Как видно, изменения цикловой подачи топлива происходит пропорционально ходу дозирующего плунжера, который упирается в ограничитель. На средних и на высоких оборотах кулачкового вала насоса цикловая подача топлива стабильна по ходу $h_{д} = 0 - 2$ мм дозирующего плунжера.

В интервале $600 \div 950$ мин.⁻¹ оборотов кулачкового вала при ходе дозирующего плунжера до $h_{д} = 2$ мм с изменением объёма над нагнетательным плунжером цикловая подача изменяется более гладко по сравнению с $h_{д} = 0$ мм, т.е. со стандартным надплунжерным объёмом. Это объясняется тем, что с $h_{д} = 2$ мм с изменением скорости топлива в трубопроводе высокого давления в определённых оборотах кулачкового вала, противофазность повышения давления в объёмах над нагнетательным плунжером и форсунки уменьшается чем $h_{д} = 0$ с мм (Таблица 1).

Таблица 1.

Значения

Метод	$h_{AK} =$ [мм]	n [мин ⁻¹]	V_D [см ³ /цикл] при ходах дозировочного плунжера в мм				
			0	0,5	1,0	1,5	2,0
Расчетный	1,242	800	0.116	0.1128	0.1015	0.087	0.0728
Экспериментальный	2.101	800	0.116	0.102	0.09	0.08	0.076

На рис.4 приведен расчётный, на рис.5 приведен экспериментальные графики зависимости цикловой подачи топлива от оборотов кулачкового вала насоса при ходах дозирующего плунжера $h_D = 0 - 2$ мм. Расчетные кривые здесь сходятся с экспериментальными на средних оборотах насоса. Показатели на максимальных оборотах, которые отличаются от экспериментальных, пренебрегается началом действия центробежного всережимного регулятора.

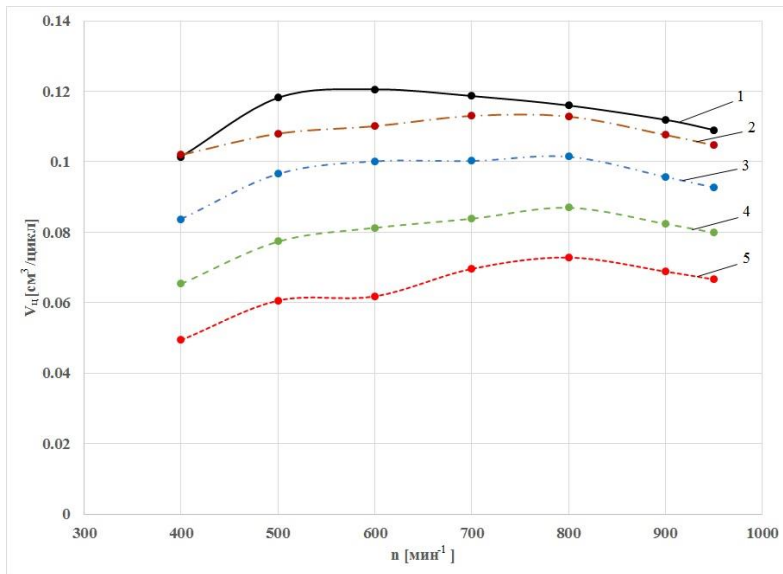


Рисунок 4. Расчетные зависимости цикловой подачи топлива от оборотов кулачкового вала насоса на разных ходах дозирующего плунжера: 1 – $h_D = 0$; 2 – $h_D = 0.5$ мм; 3 – $h_D = 1.0$ мм; 4 – $h_D = 1.5$ мм; 5 – $h_D = 2.0$ мм

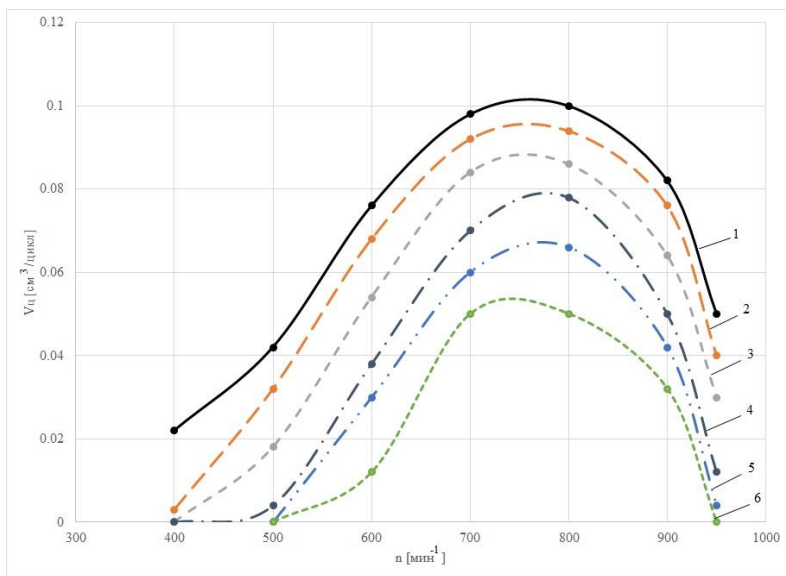


Рисунок 5. Экспериментальные зависимости цикловой подачи насоса от оборотов дизеля на разных ходах дозирующего плунжера: 1 – $h_{д} = 0$; 2 – $h_{д} = 0.5$ мм; 3 – $h_{д} = 1.0$ мм; 4 – $h_{д} = 1.5$ мм; 5 – $h_{д} = 2.0$ мм; 6 – $h_{д} = 2.5$ мм

Видно, что цикловая подача насоса стабильно уменьшается от $V_{ц} = 0.116 \text{ см}^3/\text{цикл}$ при $h_{д} = 0$ до $V_{ц} = 0.076 \text{ см}^3/\text{цикл}$ при $h_{д} = 2$ мм. С повышением оборотов кулачкового вала насоса цикловая подача топлива становится более стабильной и темп изменения подачи более гладкая в зависимости от оборотов (Таблица 2).

Таблица 2.

Значения

$h_{д}$ [мм]	$V_{ц}$ [см ³ /цикл] при об. в минуту			
	600	700	800	900
0	0.074	0.11	0.116	0.096
2	0.04	0.064	0.076	0.054

Заключение. Расчетные и экспериментальные исследования системы впрыска с новой системой дозирования и управления цикловой подачей топлива, показали адекватность результатов расчетов с экспериментальными показателями в распределительном топливном насосе

дизеля, а также эффективность и приемлемость его характеристик для использования в дизельных двигателях.

Список литературы:

1. Керимов З.Х., Годжаев К.М. Евразийский патент № 014848 «Способ управления цикловой подачей топливного насоса высокого давления и устройство для его осуществления».
2. Керимов З.Х. Некоторые результаты математического моделирования волновых процессов в двухфазной среде в дизельной топливовпрыскивающей системе// -Харьков, Двигатели внутреннего сгорания., – 2004, -№1, -с.20-24.
3. Керимов З.Х. Математическое моделирование и исследование гидрогазодинамических процессов в дизельных двигателях. Диссертация на соискание ученой степени д.т.н., -Баку 2007, – 432 с.
4. Годжаев Г.М. Влияние метода дозирования на характеристики распределительного топливного насоса дизеля. "Вестник ДГТУ" Дагестанский Государственный Технический Университет, Выпуск № 2, Том 45, 2018, стр.52-61.
5. Годжаев К.М. Влияние нового дозирующего метода на топливовпрыскивающий процесс в дизельных распределительных насосах высокого давления. Материалы Республиканского Научно-Технического Конфранса, по теме перспективы развития транспортно-дорожного комплекса Азербайджанской Республики. -Баку 2017, – стр.42-45.
6. Годжаев К.М. Анализ рабочего процесса с новым методом дозирования в дизельных распределительных насосах высокого давления. Баку: – АзТУ, "Научные труды", – 2015, – стр.60-66.
7. Годжаев К.М. Особенности внедрения нового дозирующего метода в дизельных распределительных насосах высокого давления. – Баку: – АзТУ, "Научные труды", 2015, – стр.94-100.
8. Астахов И.В. Топливные системы и экономичность дизелей – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
9. Годунов С.К., Рябенкий В.С. Разностные схемы.-М.: Наука, 1977. -440 с.
10. Голубков Л.Н. Топливные насосы высокого давления распределительного типа: Учебно-практическое пособие / Л.Н. Голубков, А.А. Савастенко, М.В. Эммиль. – М: "Легион-Автодата", 2000. – 176 с.
11. Голубков Л.Н., Перепелин А.П. Метод гидродинамического расчета топливной системы дизеля с учетом двухфазного состояния топлива // Рабочие процессы в ДВС и их агрегатах: М:Тр. МАДИ, 1987. – с. 80-87.
12. Тирловой С.И. К определению цикловой подачи топлива ТНВД при неустановившихся режимах высокооборотного автомобильного дизеля / С.И. Тирловой // Двигатели внутреннего сгорания. Всеукраинский научно-технический журнал. -2010. -№ 1. -С. 21-24.

13. Крайнюк А.И. Моделирование движения жидкости в топливных трубопроводах высокого давления дизелей с учетом следа прошедших волн / А И. Крайнюк, С И Тырловой, В В Гладков // Вістник СУДУ. – 2000. – №5(27). – С. 133-136
14. Погуляев Ю.Д., Наумов В.Н., Байтимеров Р.М. Универсальная система нового поколения управления подачей топлива в дизелях // Строительные и дорожные машины. 2013. № 10. С. 24–27.
15. Грицюк А.В., Куценко А.С., Грицюк О.А. Математический анализ перспективности отечественных малолитражных автомобильных дизелей серии 4ДТНА на этапе их проектирования // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков. – 2007. – №1. – С. 3 – 10.
16. M. Herrmann. Modeling primary breakup: A three-dimensional Eulerian level set/vortex sheet method for two-phase interface dynamics.

1.2. ЭНЕРГЕТИКА

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПРИ РАЗВИТИИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Бертман Святослав Сергеевич

*студент,
ФГБОУ ВО Казанский Государственный Энергетический
Университет,
РФ, Республика Татарстан, г. Казань*

Сироткина Лилия Витальевна

*научный руководитель, доцент,
заместитель заведующего кафедрой.
ФГБОУ ВО Казанский Государственный
Энергетический Университет,
РФ, Республика Татарстан, г. Казань*

ANALYSIS OF PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY IN RUSSIA AND WAYS TO SOLVE THEM

Svyatoslav Bertman

*Student,
FGBOU VO Kazan State Power
Engineering University,
Russia, Republic of Tatarstan, Kazan*

Liliya Sirotkina

*Scientific adviser, Associate professor,
deputy head of the department,
FGBOU VO Kazan State Power Engineering University,
Russia, Republic of Tatarstan, Kazan*

Аннотация. В России пока отсутствует четкая стратегия по развитию водородной энергетики на уровне государственной политики, что затрудняет координацию действий между федеральными органами власти, регионами и бизнесом. Это затрудняет координацию действий

между федеральными органами власти, регионами и бизнесом, а также замедляет процесс внедрения новых технологий и развития инфраструктуры для использования водорода.

Abstract. In Russia, there is still no clear strategy for the development of hydrogen energy at the level of state policy, which makes it difficult to coordinate actions between federal authorities, regions and business. This makes it difficult to coordinate actions between federal authorities, regions and businesses, and also slows down the process of introducing new technologies and developing infrastructure for the use of hydrogen.

Ключевые слова: водородная энергетика; энергетика.

Keywords: hydrogen energy; energy.

В настоящее время в России есть отдельные инициативы по развитию водородной энергетике, но они не интегрированы в единую стратегию. Например, в 2020 году правительство Московской области объявило о запуске программы развития водородной энергетике в регионе. В рамках программы планируется создание водородной станции на территории области и привлечение инвестиций для развития производства и использования водорода. Другие проекты развивающиеся в данном направлении:

Проект водородной энергетике в Якутии. В рамках проекта предполагается создание сети заправочных станций на водороде в Якутске и других городах региона, а также использование водородной энергии для снабжения электричеством отдаленных районов республики.

Разработка водородного автомобиля в России. Компания "Авто-ВАЗ" в сотрудничестве с НИИ Химавтоматика разрабатывает прототип водородного автомобиля, который может работать на водороде, полученном из природного газа.

Проект по производству водорода в Челябинской области. Компания "Технопарк" планирует создать производственный комплекс по производству водорода из природного газа. Этот водород будет использоваться в различных отраслях промышленности и транспорта.

Проект по производству водорода на Кольском полуострове. Компания "Газпром" планирует создать комплекс по производству водорода на базе газового месторождения "Ямал". Этот водород может быть использован в качестве топлива для автомобилей и других видов транспорта.

Проект по разработке водородных топливных элементов. Ведущие научные институты России, включая Институт проблем химической физики РАН и Институт катализа им. Г.К. Борескова, занимаются раз-

работкой новых технологий производства водородных топливных элементов, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности и транспорта.

Это лишь несколько примеров проектов, связанных с развитием водородной энергетики в России. В целом, можно сказать, что Россия начинает активно развивать эту область и работает над созданием современной инфраструктуры, необходимой для использования водородной энергии в различных сферах жизни.

Однако отсутствие общей стратегии по развитию водородной энергетики может привести к недостаточному финансированию, отсутствию необходимой инфраструктуры, разрозненности и нескоординированности действий. Кроме того, отсутствие стратегии может привести к упущению возможностей для развития водородной энергетики в России, поскольку другие страны уже активно инвестируют в эту область и развивают соответствующие технологии.

Чтобы решить эту проблему, необходимо разработать и принять национальную стратегию по развитию водородной энергетики, которая определит приоритетные направления развития, сроки и этапы реализации, механизмы финансирования и контроля, а также роль государства, бизнеса и научного сообщества в этом процессе. Также необходимо создать орган, который будет координировать действия между различными участниками процесса и обеспечивать выполнение поставленных задач. Это позволит эффективнее использовать потенциал водородной энергетики для развития отраслей экономики и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того, для снижения затрат на производство и расширения использования водородной энергетики в России необходимо рассмотреть следующие меры:

Создание центров компетенций и научных лабораторий по разработке и тестированию водородных технологий. Это позволит снизить затраты на исследования и разработку, а также ускорить процесс внедрения новых технологий на рынок.

Внедрение государственных программ поддержки водородной энергетики. Это может включать в себя налоговые льготы, гранты на исследования и разработки, а также субсидии на покупку оборудования для использования водорода.

Создание инфраструктуры для производства и использования водорода. Это может включать в себя строительство водородных станций, трубопроводов и танкеров для транспортировки водорода, а также обновление и модернизацию существующей инфраструктуры. Разработка стандартов качества водорода. Это поможет обеспечить безопасность

использования водорода в различных отраслях экономики и создать условия для создания рынка водородной энергетики.

Привлечение инвестиций в развитие водородной энергетики. Это может включать в себя привлечение иностранных инвесторов, а также создание условий для инвестиций со стороны российских компаний.

Таким образом, снижение затрат на производство и расширение использования водородной энергетики в России требует комплексного подхода, который включает в себя разработку национальной стратегии, создание необходимой инфраструктуры и научных центров, а также привлечение инвестиций и поддержку государства. Развитие водородной энергетики может стать важным фактором для модернизации экономики и создания новых рабочих мест, а также для решения экологических проблем.

Список литературы:

1. Хлебова, А.В. Проблемы развития водородной энергетики в России / А.В. Хлебова, И.А. Хлебова // Энергетика и теплотехника. – 2020. – Т. 42, № 1. – С. 44-50.
2. Зайцев, В. Развитие водородной энергетики в России: проблемы и перспективы / В. Зайцев // Нефтегазовое дело. – 2020. – № 3. – С. 100-105.
3. Иванов, И.С. Водородная энергетика в России: проблемы и решения / И.С. Иванов, А.А. Петров, С.А. Сергеев // Энергетика и экология. – 2021. – Т. 5, № 1. – С. 12-20.
4. Левин, М.А. Проблемы развития водородной энергетики в России и пути их решения / М.А. Левин // Инновационная экономика и общество. – 2020. – № 2. – С. 44-50.
5. Болдырева, А.В. Анализ проблем развития водородной энергетики в России и возможные решения / А.В. Болдырева, С.В. Рыков // Вестник инновационных технологий. – 2021. – Т. 38, № 3. – С. 45-53.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 2.

МАТЕМАТИКА

2.1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ

МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯМ ЧИСЕЛ В КУРСЕ АЛГЕБРЫ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ

Халыкберген Болат Халыкбергенұлы

преподаватель математики

Алматинского государственного

политехнического колледжа,

магистрант,

Казахский Национальный Педагогический

Университет имени Абая,

Казахстан, г Алматы

Каскатаева Б.Р.

научный руководитель,

Казахский Национальный Педагогический

Университет имени Абая,

Казахстан, г Алматы

METHODS OF TEACHING SEQUENCES OF NUMBERS IN THE ALGEBRA COURSE OF THE BASIC SCHOOL

Bolat Khalykbergen

*Teacher of mathematics,
Almaty State Polytechnic College,
Undergraduate,
Kazakh National Pedagogical University
named after Abai,
Kazakhstan, Almaty*

Kaskataeva B.R.

*Scientific supervisor,
Kazakh National Pedagogical
University named after Abai,
Kazakhstan, Almaty
Kazakhstan, Almaty*

Аннотация. В этой статье описаны некоторые методы нахождения и вычисления пределов числовых последовательностей и функций. В статье дается точное определение числовой последовательности, которое затем подробно рассматривается на примерах. По теме представлена практическая область исследования. В частности, даны методические рекомендации по обучению теме цифровой цепочки. Апробация предложенного урока проводилась в период педагогической практики в наименовании школы.

Abstract. This article describes some methods for finding and calculating the limits of numerical sequences and functions. The article gives an exact definition of the numerical sequence, which is then considered in detail by examples. A practical area of research is presented on the topic. In particular, methodological recommendations on teaching the topic of the digital chain are given. The approbation of the proposed lesson was carried out during the period of pedagogical practice in the name of the school.

Ключевые слова: числовая последовательность; комплексные числа; действительные числа; предел числовой последовательности.

Keywords: numerical sequence; complex numbers; real numbers; limit of numerical sequence.

Введение

Тема "числовых последовательностей" возникла в древности и изучает различные последовательности, связанные с именами ученых, внесших вклад в развитие математической науки. Многие отчеты, связанные с числовыми последовательностями, возникли в древние времена. Тема "числовые последовательности" включена в основную школьную программу и направлена на изучение простых числовых последовательностей – арифметической и геометрической прогрессии – на базовом уровне.

Цель статьи

Изучить особенности представления темы "последовательность чисел" в школьном курсе математики; разработать методические рекомендации по данной теме.

Методы исследования

При написании статьи использовались следующие методы исследования:

1. изучение теоретических основ выбранной темы;
2. анализ материалов школьных учебников по теме
3. разработка методических рекомендаций по теме

Результат исследования

Анализ учебников показал, что тема "последовательность чисел" очень важна в школьном курсе математики. Стоит обратить особое внимание на то, что тема изучается только в девятом классе. Это означает, что для подготовки учащихся необходимы дополнительные упражнения на тему "прогрессия". Определение. Арифметическая прогрессия – это последовательность, в которой каждый член, начиная со второго, равен одному и тому же числу и загруженному предыдущему члену. Члены прогрессии изложить в следующей форме: $A_1; A_2; A_3; \dots; A_n$. Число, которое добавляется к каждому члену прогрессии, не только 2, но и должно быть обозначено буквой d . Итак, для любого натурального n выполняется условие $a_{n+1} = a_n + d$, где d – определенное число. d называется разностью арифметической прогрессии, потому что $d = a_{n+1} - a_n$. Требования к школьной программе по математике для учащихся среднего уровня.

При выборе заданий по данной теме учитель может использовать предложенный набор заданий, который может дополнять набор и изменять его в зависимости от уровня подготовки учащихся, анализа учебно-методического комплекта и рефлексии собственного опыта. В качестве

примера предлагаем лекцию "сравнение арифметических и геометрических прогрессий".

Тема урока	Сравнение арифметической и геометрической прогрессий
Тип урока	Урок-лекция
Цель урока	Сформировать представление об арифметической прогрессии и ее компонентах; научить применять полученные знания при решении основных видов
Задания	Обучение-введение определений арифметических, геометрических прогрессий; вывод формул n -го члена, суммы n первых членов, суммы бесконечной геометрической прогрессии при $ Q < 1$; ознакомление учащихся с характеристическим свойством, которым обладают члены прогрессии; выработка общих рекомендаций по выполнению заданий, содержащих данные прогрессии. Продолжить дальнейшую работу по развитию умений сравнивать развивающе-математические понятия, находить сходства и различия, замечать закономерности, наблюдать, рассуждать по сходству; Формирование умения строить и интерпретировать математическую модель реальной ситуации. Учитель-способствовать воспитанию интереса к математике и ее приложениям, активности, способности к общению, аргументированной защите своих взглядов.
Планируемые результаты обучения предмета:	Знание определений арифметических и геометрических прогрессий, описательных свойств арифметических и геометрических прогрессий, формул n -го члена арифметических и геометрических прогрессий, формул для нахождения суммы n первых членов арифметических и геометрических прогрессий. Уметь применять теоретические знания для решения основных видов задач по теме. Личностные: стремление к саморазвитию, формирование метапредметной самооценки: усвоение обучающимися компонентов учебной деятельности, умение учиться в общении со сверстниками. Универсальные учебные действия
Универсальные учебные действия УУД	Личные УУД: развитие познавательных интересов, учебных мотивов, оценка и самооценка; Регулятивные УУД: целеполагание – как способность связывать то, что уже известно и освоено и еще неизвестно; планирование – как определение последовательности промежуточных целей с учетом конечного результата; оценка – как выделение и понимание того, что освоено и подлежит

Тема урока	Сравнение арифметической и геометрической прогрессий
	освоению; понимание качества и уровня освоения; Коммуникативные УУД: участвовать в коллективном обсуждении вопросов, задавать вопросы, слушать и вступать в диалог, инициативное сотрудничество в поиске и сборе информации, уметь аргументировать свою точку зрения Познавательные УУД: уметь определять и формулировать познавательную цель, искать и выделять необходимую информацию, выбирать способ действий, сознательно применять полученные знания на практике, сознательно строить манеру устной речи.
Основные понятия	Арифметическая и геометрическая прогрессия, разница между арифметической прогрессией, делитель геометрической прогрессии, сумма n-членов прогрессии.
Ресурсы	Иллюстрации к заданиям, сравнительная таблица "типы схем", портреты Гаусса, презентация к уроку.

Ход урока

Эпиграф к уроку: "сравнение-это основа любого понимания и любого мышления, поэтому какой – то предмет становится понятным, отделите его от наиболее похожих предметов и найдите сходство с отдельными предметами, а затем только вы определяете для себя все важные черты и, следовательно, понимание предмета". (К.Д. Ушинский)

1. Подготовительные работы.

Формулировка определения способности сравнивать:

"Сравнение – это сравнение объектов с целью выявления признаков сходства и признаков различия между ними. Суждения, выражающие результат сравнения, служат цели раскрытия содержания понятий сравниваемых объектов". (Философский словарь)

1. Выделение объектов исследования.

Сравните последовательности друг с другом:

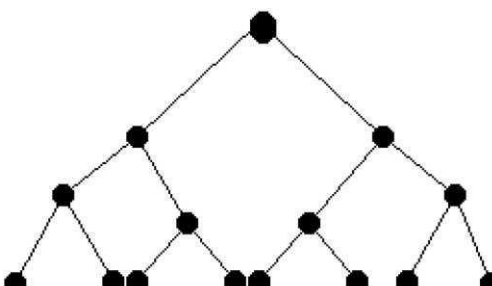
- 1) 2, 7, 9, 12, ...;
- 2) 3, 5, 7, 9, 11, ...;
- 3) 4, 8, 16, 32, ...;
- 4) -17, 25, 36, 2, 18, ...;
- 5) -1, 2, -4, 8, -16, ...;
- 6) 10, 9, 8, 7, 6, ...;

а) опишите созданный вами пример?

б) объедините последовательности в группы.

Вывод: сравнивая эти последовательности друг с другом, учащиеся находят среди них те, которые были созданы с помощью одного и того же общего свойства для всех, а затем устанавливают способ их создания.

1. Определение свойств исследуемых объектов, которые являются основой для определения.

<p>Арифметическая задача, приводящая к геометрической прогрессии справа, проецируется на доску слева. Задание. Рабочий расположил плитки следующим образом: в первом ряду – 3 плитки, во втором – 5 плиток и т.д., умножив каждую строку на 2 плитки. Сколько плиток нужно седьмому ряду?</p>	<p style="text-align: center;">Задание</p> <p style="text-align: center;">При благоприятных условиях бактерии размножаются в течение минуты, так что одна из них делится на две части. Укажите количество бактерий, рожденных одной бактерией, в течение 7 минут.</p> 
--	--

Вопросы к заданиям:

1. Напишите последовательность в соответствии с условием задания.
2. Укажите следующие, предыдущие члены. Чем они отличаются?
3. Найдите разницу между предыдущими и последующими членами в первом задании и частичную во втором задании, разделив последний член на предыдущий.
4. Определите арифметическую (геометрическую) прогрессию.

3. Подведение итогов урока.

Побуждать учащихся отвечать на вопросы:

- 1) По какому плану сравнивались изучаемые понятия "арифметическая и геометрическая прогрессия";
- 2) Укажите их общие важные черты;
- 3) Определите важные различия между ними;
- 4) Сделайте вывод, появляющийся из сравнения.

Обсуждение

Апробация подготовленных заданий уроков проводилась в 9 классе в период педагогической практики. Разработано и проведено одно занятие (1 час) на тему "сравнение арифметических и геометрических прогрессий".

Предложенные тестовые задания и система заданий по основам изучения последовательности могут быть полезны учащимся для изучения темы "арифметическая и геометрическая прогрессия" и актуализации знаний.

Контроль проводился в письменной форме, учащимся приходилось решать задания различного уровня по данной теме. В ходе проведения занятий выявлен повышенный познавательный интерес к изучению последовательности. Тестовые задания представлены для разных уровней успеваемости учащихся, более сложные задания желательно предлагать сильным ученикам. В этом случае все ученики приступили к заданиям части С.

Количество учащихся в классе: 21. количество участников урока: 20. написана самостоятельная работа:

- * "отлично" – 5 человек.
- * "хорошо" – 8 человек.
- * "удовлетворительно" – 7 человек.
- * "неудовлетворительно" – 0 чел.

Ребята показали высокий уровень усвоения материала. Об этом свидетельствует высокий уровень самостоятельности учащихся на уроке; были продемонстрированы навыки выполнения работы через организацию групповой деятельности, учащиеся продемонстрировали умение применять на практике полученные теоретические знания об арифметической и геометрической прогрессии.

Урок показал, что учащиеся с интересом занимались, проявляли инициативу, творчество. Об этом свидетельствуют результаты самостоятельной работы-большая часть класса писала на 4 и 5, неудовлетворительных оценок не было.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что выбранные учебные материалы для изучения темы "арифметическая и геометрическая прогрессия", а также разработанная нами комплексная система решаемых задач по теме эффективны для обучения учащихся.

Список литературы:

1. Буфеев С.В. Коллекция задач по арифметике целых чисел. – М.:Книжный дом «Либроком», 2020 г.
2. Арзуманян А.Г., Рамазанов Х.М. ЧИСЛОВЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ИХ СХОДИМОСТЬ // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-1. ;
3. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18196>
4. Кравчук, Д.Н., Кравчук Е.В., С.И. Клемина. Сборник задач по математике с решениями / Д.Н. Кравчук. – Изд. ПКФ «БАО» Донецк, 2017.
5. Алгебра. 9 класс: Учебник для общеобразовательных учебных заведений [текст]/ К.С.Муравин, Г.К.Муравин, Г.В.Дорофеев. – М.: Дрофа, 2016. – 240 с
6. Полякова Е.А. Уравнения и неравенства с параметрами в профильном 11 классе. Методические рекомендации и поурочное планирование. – М.: Илекса, 2019

РАЗДЕЛ 3.

ФИЗИКА

3.1. ОПТИКА

ОПТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ТРАДИЦИОННОГО БЕТОНА С БИОЛОГИЧЕСКИМ БЕТОНОМ С ДОБАВЛЕНИЕМ ВЯЖУЩИМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

Тураходжаева Фазилатхон Надыровна

*PhD докторант,
Институт ионно-плазменных
и лазерных технологий,
Узбекистан, г. Ташкент*

Бойназаров Илхом Рустамович

*PhD докторант,
Институт ионно-плазменных
и лазерных технологий,
Узбекистан, г. Ташкент*

Кучкарова Нозимахон

*стажер-исследователь,
Ташкентский государственный
технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент*

Рузиев Фарид Муртозаевич

*младший научный сотрудник,
Институт ионно-плазменных и лазерных технологий,
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент*

OPTICAL DETERMINATION OF THE STRENGTH OF TRADITIONAL CONCRETE WITH BIOLOGICAL CONCRETE BY ADDITION MICROORGANISMS

Fazilatkhon Turakhodjaeva

*PhD student,
Institute of ion-plasma
and laser technologies,
Uzbekistan, Tashkent*

Ilkhom Boynazarov

*PhD student, Institute
of ion-plasma and laser technologies,
Uzbekistan, Tashkent*

Nozimakhon Kuchkarova

*Researcher,
Tashkent State Technical University,
Uzbekistan, Tashkent*

Farid Ruziev

*Junior research assistant,
Institute of ion-plasma and laser technologies,
Uzbekistan, Tashkent*

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы метода оптического характера определения прочности бетона и сравнивается с бетоном, добавленным биологически активных веществ. Согласно научно-исследовательским работам, бетон с биологической массой даёт наилучший результат по сравнению с традиционным методом цементирования. Утверждается, что бактериальные добавки стали основными ключевыми агентами при повышении бетонной прочности усиливая их сейсмостойкость на более чем 50%.

Abstract. The article gives data respectively the prospects of an optical method for determining the strength of concrete and compares it with concrete added biologically active substances. According to scientific researches, concrete with a biological mass gives the best result in comparison with the traditional method of cementing. It is claimed that bacterial additives have become the main key agents in increasing concrete strength, enhancing their earthquake resistance by more than 50%.

Ключевые слова: бетон; биологическая активная масса; повышение прочности.

Keywords: concrete; biologically active substances; increasing strength.

Введение. В сегодняшний день бетон является самым распространенным материалом на земле после воды [1]. Прочность бетона является основным характеристикой, по которой устанавливают способность бетонной конструкции выдерживать проектные нагрузки. Бетон набирает необходимую прочность постепенно в процессе твердения [2]. Поэтому очень важно определять с высокой точностью значение прочности этого материала перед использованием изделий в строительстве. Для определения прочности бетона используют два способа: исследование образца материала разрушающим методом и испытание качества бетона неразрушающим. При методе контроля бетона на прочность самым распространенным способом является неразрушающий метод [3]. Причина этому обуславливается сохранением формы бетонной конструкции и наименьшими затратами на испытаний.

Авторы донной статьи измерили бетонный состав традиционного цементирования и сравнили с разрушающим методом контроля, а именно на гидравлическом прессе. Установлено, что традиционный способ цементирования бетонных изделий выдерживают 5 тонн 620 кг, после чего настоящие авторы пришли к выводу усовершенствования прочности бетонных изделий безвредным и мало затратным методом. Данным направлением был выбран биологический способ упрочнения бетонных конструкций, а именно бактериологическим способом повышения качества цементирования.

Ряд бактерий, которые можно обнаружить в почве, песке и природных минералах, обладают способностью выделять карбонат кальция как в естественных, так и в лабораторных условиях. Гидролиз мочевины с помощью фермента уреазы является самым простым из всех механизмов осаждения выработанного микроорганизмами кальцита (MCP) [4]. Наиболее подходящим способом их получения является гидролиз мочевины, поскольку он сопровождается подщелачиванием окружающей среды. Исходя из этого можно сказать, что такие бактерии действуют как катализатор реакции гидролиза мочевины. Такими бактериями считаются уреазоактивные бактерии. Способность расщеплять мочевину широко распространена среди бактерий, обитающих в почвах и подземных системах [5].

Установлено, что в высокощелочной среде способны выживать штаммы бактерий рода *Bacillus*, которые обычно образуют споры в виде приспособленных к определенным условиям клеток, выдерживающих

высокие напряжения, спровоцированные механическими и химическими факторами. Кроме того, эти споры проявляют низкую активность метаболического обмена и имеют чрезвычайно длительный жизненный цикл. Известны виды, споры которых жизнеспособны до 200 лет [6].

Таким образом, большинство представляющих интерес бактериальных агентов, предположительно должны быть аэробными спорообразующими бактериями рода *Bacillus* [7]. Из ранее опубликованных литературных данных следует, что в костных материалах чаще всего использовали утилизирующие мочевины бактерии видов *S. pasteurii*. Исходя из этого можно сделать вывод, что выбор микроорганизмов играет первостепенную роль в повышении эффективности при восстановлении твердых материалов.

Экспериментальные методы. Бактериальные поверхности играют основную роль в осаждении кальция. При нейтральном значении pH благодаря наличию нескольких отрицательно заряженных групп положительно заряженные ионы металлов могут прикрепляться к поверхности бактерий, способствуя гетерогенному процессу зародышеобразования. Как правило, карбонатные осадки развиваются на внешней поверхности бактериальных клеток с последующим отслоением, поэтому бактерии могут быть встроены в растущие кристаллы карбоната. Молодыми исследовательскими учеными Ташкентского государственного технического университета для исследования данной работы выбран бактерии родом *S. pasteurii*, *S. ureae* и *B. thuringiensis*. После выделения бактерии из соответствующих источников выполнен этап выделения культуральных клеток на питательные агаризованные среды. Для этого культуры выращивали на жидкой питательной среде, состоящей из 8 г/л питательного бульона (5 г/л пептона и 3 г/л экстракта мяса) при pH 7. В каждую питательную среду добавляли 10 г/л $MnSO_4 \cdot H_2O$ для усиления спорообразования выращиваемых культур. Все жидкие питательные среды стерилизовали в автоклаве в течение 20 мин при 120 °C при давлении 1,0 атм. С целью определения перспективного вида микроорганизмов имеющиеся способность производить кристаллы кальцита осуществлено суспендирование естественных образцов бактериальных клеток в стерильном физиологическом растворе (9 г/л NaCl). При этом раствор было разбавлено соответствующим образом и высеяно на агар, содержащий 3 г/л питательного бульона, 20 г/л мочевины, 2,12 г/л $NaHCO_3$, 10 г/л NH_4Cl . Образование кристаллов наблюдали на 7-й и 14-й день. В итоге было определено, что явные кристаллы были образованы из культуральных клеток *Sporosarcina pasteurii*.

Результаты исследования. На рис. 1 показан результат образовавшихся кристаллов после улетучивания физиологического раствора (9 г/л NaCl).



Рисунок 1. Образовавшиеся кристаллы кальцита после улетучивания NaCl

Количество жизнеспособных микроорганизмов определяли путем посева разбавленной взвеси клеток на пластину с питательным агаром и мочевиной. Количество термостойких спор рассчитывали путем посева после нагревания при 65 °С в течение 15 и 45 мин. На основе данных, установлено, что биологический способ повышения цементирувания бетонных изделий выдерживают 7 тонн 220 кг.

Выводы. Таким образом, было определено, что из всех семейств бактерии именно *Sporosarcina* выражает свою способность вырабатывания осадка кальция карбоната путем явного проявления образования кристаллов. Данные кристаллы являются подтверждающим агентом для улучшения качества бетонных изделий на прочность, что и определяется выдерживанием силы на сжатие на 7 тонн 220 кг.

Список литературы:

1. Betts M. Global Construction Perspectives (Firm); Oxford Economics (Firm) A global forecast for the construction industry over the next decade to 2020 // Global construction 2030. 2018.
2. Копылов В.А. Лечение открытых переломов конечностей с использованием метаболитов bacillus subtilis 804, содержащих фактор роста фибробластов/ Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Оренбург – 2017
3. <https://gcesp.ru/blog/opredelenie-prochnosti-betona>.
4. Li X. Y. Influence of loosely bound extracellular polymeric substances (EPS) on the flocculation, sedimentation and dewaterability of activated sludge / X.Y. Li, S.F. Yang // Water Research. – 2007. – Vol. 41 (5) – P. 1022–1030.
5. Montgomery R.A. Multi-purpose canister storage unit and transfer cask thermal analysis / R.A. Montgomery, K.A. Niemer, C.N. Lindner // American Society of Mechanical Engineers, Heat Transfer Division, (Publication) HTD. – 1997. – 350. – P. 45–54.
6. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения / Ю.Н. Работнов. 2-е изд. – М. : Либроком, 2009. – 82 с.
7. Jonkers H.M. At two component bacteria based self-healing concrete / H.M. Jonkers // Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting II. – 2009. – № 3. – P. 215–220.

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам LXII международной
научно-практической конференции*

№ 3 (62)
Апрель 2023 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 06.04.23. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2.125. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru