

СООТВЕТСТВУЕТ
ГОСТ 7.56-2002

ISSN 2304-2338

ПРОБЛЕМЫ

**СОВРЕМЕННОЙ
НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

PROBLEMS OF MODERN SCIENCE AND EDUCATION

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ» № 9 (220) 2026

2026 № 9 (220)



PROBLEMS OF MODERN SCIENCE AND EDUCATION

2026. № 9 (220)

FOUNDERS: VALTSEV S.V., VOROBIEV A.V.

EDITORIAL BOARD

Abdullaev K. (PhD in Economics, Azerbaijan), *Alieva V.* (PhD in Philosophy, Republic of Uzbekistan), *Akbulaev N.* (D.Sc. in Economics, Azerbaijan), *Alikulov S.* (D.Sc. in Engineering, Republic of Uzbekistan), *Anan'eva E.* (D.Sc. in Philosophy, Ukraine), *Asaturova A.* (PhD in Medicine, Russian Federation), *Askarhodzhaev N.* (PhD in Biological Sc., Republic of Uzbekistan), *Bajtasov R.* (PhD in Agricultural Sc., Belarus), *Bakiko I.* (PhD in Physical Education and Sport, Ukraine), *Bahor T.* (PhD in Philology, Russian Federation), *Baulina M.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Blejh N.* (D.Sc. in Historical Sc., PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Bobrova N.A.* (Doctor of Laws, Russian Federation), *Bogomolov A.* (PhD in Engineering, Russian Federation), *Borodaj V.* (Doctor of Social Sciences, Russian Federation), *Volkov A.* (D.Sc. in Economics, Russian Federation), *Gavrilenkova I.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Garagonich V.* (D.Sc. in Historical Sc., Ukraine), *Glushenko A.* (D.Sc. in Physical and Mathematical Sciences, Russian Federation), *Grinchenko V.* (PhD in Engineering, Russian Federation), *Gubareva T.* (PhD in Laws, Russian Federation), *Gutnikova A.* (PhD in Philology, Ukraine), *Datij A.* (Doctor of Medicine, Russian Federation), *Demchuk N.* (PhD in Economics, Ukraine), *Divnenko O.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Dmitrieva O.A.* (D.Sc. in Philology, Russian Federation), *Dolenko G.* (D.Sc. in Chemistry, Russian Federation), *Esenova K.* (D.Sc. in Philology, Kazakhstan), *Zhamuldinov V.* (PhD in Laws, Kazakhstan), *Zholdoshev S.* (Doctor of Medicine, Republic of Kyrgyzstan), *Zelenkov M.YU.* (D.Sc. in Political Sc., PhD in Military Sc., Russian Federation), *Ibadov R.* (D.Sc. in Physical and Mathematical Sciences, Republic of Uzbekistan), *Il'inskih N.* (D.Sc. Biological, Russian Federation), *Kajrakbaev A.* (PhD in Physical and Mathematical Sciences, Kazakhstan), *Kaftaeva M.* (D.Sc. in Engineering, Russian Federation), *Klinkov G.T.* (PhD in Pedagogic Sc., Bulgaria), *Koblanov Zh.* (PhD in Philology, Kazakhstan), *Koval'ov M.* (PhD in Economics, Belarus), *Kravcova T.* (PhD in Psychology, Kazakhstan), *Kuz'min S.* (D.Sc. in Geography, Russian Federation), *Kulikova E.* (D.Sc. in Philology, Russian Federation), *Kurmanbaeva M.* (D.Sc. Biological, Kazakhstan), *Kurpajanidi K.* (PhD in Economics, Republic of Uzbekistan), *Linkova-Daniels N.* (PhD in Pedagogic Sc., Australia), *Lukienko L.* (D.Sc. in Engineering, Russian Federation), *Makarov A.* (D.Sc. in Philology, Russian Federation), *Macarenko T.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Meimanov B.* (D.Sc. in Economics, Republic of Kyrgyzstan), *Muradov Sh.* (D.Sc. in Engineering, Republic of Uzbekistan), *Musaev F.* (D.Sc. in Philosophy, Republic of Uzbekistan), *Nabiev A.* (D.Sc. in Geoinformatics, Azerbaijan), *Nazarov R.* (PhD in Philosophy, Republic of Uzbekistan), *Naumov V.* (D.Sc. in Engineering, Russian Federation), *Ovchinnikov Ju.* (PhD in Engineering, Russian Federation), *Petrov V.* (D.Arts, Russian Federation), *Radkevich M.* (D.Sc. in Engineering, Republic of Uzbekistan), *Rakhimbekov S.* (D.Sc. in Engineering, Kazakhstan), *Rozyhodzhaeva G.* (Doctor of Medicine, Republic of Uzbekistan), *Romanenkova Yu.* (D.Arts, Ukraine), *Rubcova M.* (Doctor of Social Sciences, Russian Federation), *Rumyantsev D.* (D.Sc. in Biological Sc., Russian Federation), *Samkov A.* (D.Sc. in Engineering, Russian Federation), *San'kov P.* (PhD in Engineering, Ukraine), *Sel'trenikova T.* (D.Sc. in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Sibircev V.* (D.Sc. in Economics, Russian Federation), *Skripko T.* (D.Sc. in Economics, Ukraine), *Sopov A.* (D.Sc. in Historical Sc., Russian Federation), *Strekalov V.* (D.Sc. in Physical and Mathematical Sciences, Russian Federation), *Stukalenko N.M.* (D.Sc. in Pedagogic Sc., Kazakhstan), *Subachev Ju.* (PhD in Engineering, Russian Federation), *Sulejmanov S.* (PhD in Medicine, Republic of Uzbekistan), *Tregub I.* (D.Sc. in Economics, PhD in Engineering, Russian Federation), *Uporov I.* (PhD in Laws, D.Sc. in Historical Sc., Russian Federation), *Fedos'kina L.* (PhD in Economics, Russian Federation), *Khiltukhina E.* (D.Sc. in Philosophy, Russian Federation), *Cuculjan S.* (PhD in Economics, Republic of Armenia), *Chiladze G.* (Doctor of Laws, Georgia), *Shamshina I.* (PhD in Pedagogic Sc., Russian Federation), *Sharipov M.* (PhD in Engineering, Republic of Uzbekistan), *Shevko D.* (PhD in Engineering, Russian Federation).

Publishing house «PROBLEMS OF SCIENCE»

153000, Russian Federation, Ivanovo, Red Army st., h.20, 3th floor, of. 3-3. Phone: +7 (915) 814-09-51.

[HTTP://WWW.IP11.RU](http://www.ip11.ru)

E-MAIL: [INFO@P8N.RU](mailto:info@p8n.ru)

DISTRIBUTION: RUSSIAN FEDERATION, FOREIGN COUNTRIES

Moscow
2026

ISSN 2304–2338 (печатная версия)
ISSN 2413–4635 (электронная версия)

Проблемы современной науки и образования 2026. № 9 (220)

Российский импакт-фактор: 1,72

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«Проблемы науки»

Журнал
зарегистрирован
Федеральной
службой по надзору
в сфере связи,
информационных
технологий и
массовых
коммуникаций
(Роскомнадзор)
Реестровая запись
ПИ №ФС77– 47745

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Учредители журнала: Вальцев С.В., Воробьев А.В.
Главный редактор: Вальцев С.В.
Зам.главного редактора Кончакова И.В.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Издается с 2011
года

Территория
распространения:
зарубежные
страны,
Российская
Федерация

Подписано в
печать:
08.09.2026.
Дата выхода в
свет:
17.09.2026

Формат 70х100/16.
Бумага офсетная.
Гарнитура
«Таймс».
Печать офсетная.
Усл. печ. л. 6,825
Тираж 100 экз.
Заказ № 00271

Свободная цена

Абдуллаев К.Н. (д-р филос. по экон., Азербайджанская Республика), *Алиева В.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Акбулаев Н.Н.* (д-р экон. наук, Азербайджанская Республика), *Аликулов С.Р.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Ананьева Е.П.* (д-р филос. наук, Украина), *Асатурова А.В.* (канд. мед. наук, Россия), *Аскарходжаев Н.А.* (канд. биол. наук, Узбекистан), *Байтасов Р.Р.* (канд. с.-х. наук, Белоруссия), *Бакико И.В.* (канд. наук по физ. воспитанию и спорту, Украина), *Бахор Т.А.* (канд. филол. наук, Россия), *Баулина М.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Блейх Н.О.* (д-р ист. наук, канд. пед. наук, Россия), *Боброва Н.А.* (д-р юрид. наук, Россия), *Богомолов А.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Бородай В.А.* (д-р социол. наук, Россия), *Волков А.Ю.* (д-р экон. наук, Россия), *Гавриленкова И.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Гарагонич В.В.* (д-р ист. наук, Украина), *Глуценко А.Г.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Гринченко В.А.* (канд. техн. наук, Россия), *Губарева Т.И.* (канд. юрид. наук, Россия), *Гутникова А.В.* (канд. филол. наук, Украина), *Датий А.В.* (д-р мед. наук, Россия), *Демчук Н.И.* (канд. экон. наук, Украина), *Дивненко О.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Дмитриева О.А.* (д-р филол. наук, Россия), *Доленко Г.Н.* (д-р хим. наук, Россия), *Есенова К.У.* (д-р филол. наук, Казахстан), *Жамулидинов В.Н.* (канд. юрид. наук, Казахстан), *Жолдошев С.Т.* (д-р мед. наук, Кыргызская Республика), *Зеленков М.Ю.* (д-р полит. наук, канд. воен. наук, Россия), *Ибадов Р.М.* (д-р физ.-мат. наук, Узбекистан), *Ильинских Н.Н.* (д-р биол. наук, Россия), *Кайракбаев А.К.* (канд. физ.-мат. наук, Казахстан), *Каптаева М.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Киквидзе И.Д.* (д-р филол. наук, Грузия), *Клинов Г.Т.* (PhD in Pedagogic Sc., Болгария), *Кобланов Ж.Т.* (канд. филол. наук, Казахстан), *Ковалёв М.Н.* (канд. экон. наук, Белоруссия), *Кравцова Т.М.* (канд. психол. наук, Казахстан), *Кузьмин С.Б.* (д-р геогр. наук, Россия), *Куликова Э.Г.* (д-р филол. наук, Россия), *Курманбаева М.С.* (д-р биол. наук, Казахстан), *Курпаянц И.И.* (канд. экон. наук, Узбекистан), *Линькова-Даниельс Н.А.* (канд. пед. наук, Австралия), *Лукиенко Л.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Макаров А. Н.* (д-р филол. наук, Россия), *Мацаренко Т.Н.* (канд. пед. наук, Россия), *Мейманов Б.К.* (д-р экон. наук, Кыргызская Республика), *Мурадов Ш.О.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Мусаев Ф.А.* (д-р филос. наук, Узбекистан), *Набиев А.А.* (д-р наук по геoinформ., Азербайджанская Республика), *Назаров Р.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Наумов В. А.* (д-р техн. наук, Россия), *Овчинников Ю.Д.* (канд. техн. наук, Россия), *Петров В.О.* (д-р искусствоведения, Россия), *Радкевич М.В.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Рахимбеков С.М.* (д-р техн. наук, Казахстан), *Розыходжаева Г.А.* (д-р мед. наук, Узбекистан), *Романенкова Ю.В.* (д-р искусствоведения, Украина), *Рубцова М.В.* (д-р социол. наук, Россия), *Румянцев Д.Е.* (д-р биол. наук, Россия), *Самков А. В.* (д-р техн. наук, Россия), *Саньков П.Н.* (канд. техн. наук, Украина), *Селитренникова Т.А.* (д-р пед. наук, Россия), *Сибирцев В.А.* (д-р экон. наук, Россия), *Скрипко Т.А.* (д-р экон. наук, Украина), *Сопов А.В.* (д-р ист. наук, Россия), *Стрекалов В.Н.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Стукаленко Н.М.* (д-р пед. наук, Казахстан), *Субачев Ю.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Сулейманов С.Ф.* (канд. мед. наук, Узбекистан), *Трегуб И.В.* (д-р экон. наук, канд. техн. наук, Россия), *Упоров И.В.* (канд. юрид. наук, д-р ист. наук, Россия), *Федоскина Л.А.* (канд. экон. наук, Россия), *Хилтухина Е.Г.* (д-р филос. наук, Россия), *Цицунян С.В.* (канд. экон. наук, Республика Армения), *Чиладзе Г.Б.* (д-р юрид. наук, Грузия), *Шамишина И.Г.* (канд. пед. наук, Россия), *Шарипов М.С.* (канд. техн. наук, Узбекистан), *Шевко Д.Г.* (канд. техн. наук, Россия).

© ЖУРНАЛ «ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ
И ОБРАЗОВАНИЯ/PROBLEMS OF MODERN SCIENCE
AND EDUCATION»
© ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОБЛЕМЫ НАУКИ»

Содержание

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ	5
<i>Лебедев В.Н. ФОРМУЛА КОЙДЕ: ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ / Lebedev V.N. KOIDE'S FORMULA: A TOPOLOGICAL MODEL.....</i>	<i>5</i>
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	12
<i>Стеценко В.Ю., Стеценко А.В. МЕХАНИЗМЫ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И МОДИФИЦИРОВАНИИ ЛИТЕЙНЫХ СТАЛЕЙ / Stetsenko V.Yu., Stetsenko A.V. MECHANISMS OF NANOSTRUCTURING DURING CRYSTALLIZATION AND MODIFICATION OF CAST STEELS.....</i>	<i>12</i>
<i>Клиновой В.С., Джугань С.В., Сысоев М.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ОПАЛУБКИ ПЕРЕКРЫТИЙ И АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ / Klinovoy V.S., Dzhugan S.V., Sysoev M.I. MODELING THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF MODERN SLAB FORMWORK SYSTEMS AND ANALYSIS OF THE ECONOMIC ASPECTS OF THEIR APPLICATION</i>	<i>24</i>
ФИЛОСОФСКИЕ НАУКИ	39
<i>Тянь Ж. «ИНСТРУМЕНТ КАК НОСИТЕЛЬ ПУТИ» : ФИЛОСОФСКИЙ СМЫСЛ И КУЛЬТУРНАЯ ЛОГИКА ТЕХНОЛОГИЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ — МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ОСНОВЕ ТРАДИЦИОННЫХ КИТАЙСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О «СОТВОРЕНИИ ВЕЩЕЙ» / Tian R. THE TOOL AS VESSEL OF THE DAO": THE PHILOSOPHICAL MEANING AND CULTURAL LOGIC OF SPECIAL PROCESSING TECHNOLOGIES — AN INTERDISCIPLINARY INTERPRETATION BASED ON TRADITIONAL CHINESE CONCEPTIONS OF "THE CREATION OF THINGS</i>	<i>39</i>
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	48
<i>Олейник С.Д. ФОРМИРОВАНИЕ У ЧЕТВЕРОКЛАССНИКОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВСЕМИРНОМ КУЛЬТУРНОМ НАСЛЕДИИ ВО ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ / Oleynik S.D. DEVELOPING FOURTH- GRADERS' UNDERSTANDING OF WORLD CULTURAL HERITAGE THROUGH EXTRACURRICULAR ACTIVITIES</i>	<i>48</i>
ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	58
<i>Новожилова М.А. ПРОБЛЕМЫ ВЗЫСКАНИЯ АЛИМЕНТОВ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ / Novozhilova M.A. PROBLEMS OF ALIMONY COLLECTION IN MODERN RUSSIA</i>	<i>58</i>
<i>Кравчук Д.А. УГОЛОВНО-ПРАВОВОЙ АНАЛИЗ УМЫШЛЕННОГО ПРИЧИНЕНИЯ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ ЧЕЛОВЕКА (СТ. 111, 112, 115 УК РФ) / Kravchuk D.A. CRIMINAL LAW ANALYSIS OF INTENTIONAL INFLECTION OF HARM TO HUMAN HEALTH (ART. 111, 112, 115 OF THE CRIMINAL CODE OF THE RUSSIAN FEDERATION)</i>	<i>59</i>

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ..... 64

Кузнецова В.Е., Скидан М.Н. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФИЗИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ: ГИПОДИНАМИЯ И ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РИСКИ / Kuznetsova V.E., Skidan M.N. THE IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGIES ON PHYSICAL ACTIVITY IN CHILDREN AND ADOLESCENTS: PHYSICAL INACTIVITY AND BEHAVIORAL RISKS..... 64

Кузнецова В.Е., Скидан М.Н. ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КАК СРЕДСТВО ПРОФИЛАКТИКИ ЦИФРОВОЙ УСТАЛОСТИ У СТУДЕНТОВ / Kuznetsova V.E., Skidan M.N. PHYSICAL ACTIVITY AS A MEANS OF PREVENTING DIGITAL FATIGUE IN STUDENTS 67

Кузнецова В.Е., Нуртдинова Э.В. ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК (HIIT) НА ФИЗИЧЕСКОЕ И ПСИХИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ СТУДЕНТОВ / Kuznetsova V.E., Nurtidinova E.V. THE EFFECTS OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING (HIIT) ON THE PHYSICAL AND MENTAL HEALTH OF STUDENTS 72

Накамура А.С. ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РАЗРАБОТКЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО НАРОДНОМУ ИСКУССТВУ: МЕДИА-УРОК ПО ЛЕДЕНЬГСКОЙ РОСПИСИ / Nakamura A.S. GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DEVELOPMENT OF TEACHING AND METHODOLOGICAL MATERIALS ON FOLK ART: A MEDIA-BASED LESSON ON LEDENGA PAINTING..... 75

ФОРМУЛА КОЙДЕ: ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Лебедев В.Н.

Лебедев Владимир Николаевич – старший преподаватель,
Донецкий государственный университет,
г. Донецк, Донецкая Народная Республика

Аннотация: рассмотрена физическая интерпретация эмпирической формулы Койде. Показано, что геометрическая модель Фута связана с радиусами кривизны (частотами). Введение понятия «фазовая масса» как плотности массы-энергии на радиан позволило доказать существование квадратичной зависимости между массами электрически заряженных лептонов. Установлено, что изоморфное сжатие приводит к геометрической прогрессии частот и объясняет иерархию масс поколений лептонов без привлечения дополнительных гипотез. Запись формулы Койде в виде отношения суммы масс покоя, полученных из линейного логарифмического ряда, к квадрату суммы спиновых частот переводит феноменологическое уравнение в динамику топологических дефектов.

Ключевые слова: лептоны, формула Койде, топологические дефекты, фазовая масса, изоморфное сжатие, гиромагнитное отношение.

KOIDE'S FORMULA: A TOPOLOGICAL MODEL

Lebedev V.N.

Lebedev Vladimir Nikolaevich – Senior Lecturer,
DONETSK STATE UNIVERSITY,
DONETSK, DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC

Abstract: The physical interpretation of the empirical Koide formula is examined. It is demonstrated that Foot's geometric model is intrinsically linked to the radii of curvature (and corresponding frequencies). The introduction of the concept of "phase mass," defined as the mass–energy density per radian, allows for the proof of a quadratic dependence between the masses of electrically charged leptons. It is established that isomorphic compression leads to a geometric progression of frequencies, thereby explaining the mass hierarchy of lepton generations without invoking additional hypotheses. Reformulating the Koide formula as the ratio of the sum of rest masses (derived from a linear logarithmic series) to the square of the sum of spin frequencies transforms this phenomenological equation into the dynamics of topological defects.

Keywords: leptons, Koide formula, topological defects, phase mass, isomorphic compression, gyromagnetic ratio.

DOI 10.24412/2304-2338-2026-10901

Введение

В 1982 году Ёсио Койде обнаружил удивительно точное соотношение для масс трех заряженных лептонов [1]:

$$\frac{m_e + m_\mu + m_\tau}{(\sqrt{m_e} + \sqrt{m_\mu} + \sqrt{m_\tau})^2} = 2/3. \quad (1)$$

По данным [2], массы электрона, мюона и тау-лептона, равны: $m_e=0,51099895$ МэВ; $m_\mu=105,6583755$ МэВ и $m_\tau=1776,93$ МэВ. Подстановка в уравнение (1) дает значение 0,666664, близкое к 2/3. Высокая точность уравнения (1) доказывает существование тесной связи между массами заряженных лептонов.

В 1994 году Роберт Фут [3] предложил следующую интерпретацию формулы Койде. Рассмотрим вектор масс в пространстве поколений лептонов: $\mathbf{v} = (\sqrt{m_e} + \sqrt{m_\mu} + \sqrt{m_\tau})$. Длина и сумма компонент вектора равны: $|\mathbf{v}| = \sqrt{(m_e + m_\mu + m_\tau)}$; $\Sigma v_i = \sqrt{m_e} + \sqrt{m_\mu} + \sqrt{m_\tau}$. Тогда уравнение (1) в векторной форме принимает вид:

$$\frac{|\mathbf{v}|^2}{(\Sigma v_i)^2} = 2/3. \quad (2)$$

Сумма компонент вектора может быть выражена через его проекцию на главную диагональ октанта — направление единичного вектора: $\vec{n} = \frac{1}{\sqrt{3}}(1,1,1)$; $\Sigma v_i = \mathbf{v} \cdot (1,1,1) = |\mathbf{v}| \sqrt{3} \cos \theta$. Подставляя в уравнение (2):

$$\frac{|\mathbf{v}|^2}{(\sqrt{3} \cdot |\mathbf{v}| \cdot \cos \theta)^2} = \frac{1}{3 \cos^2 \theta} = 2/3. \quad (3)$$

Отсюда следует: $\cos^2 \theta = 1/2$, угол $\theta = 45^\circ$ и вектор масс $\vec{v}$ лежит на поверхности конуса с углом раствора 45° относительно главной диагонали.

В 2012 году Ежи Кочик [4] связал формулу Койде с теоремой Декарта о касающихся окружностях. Рассмотрим окружности с кривизной: $k_i = \frac{1}{R_i}$, где R_i — некоторые характерные радиусы. Согласно теореме Декарта, если четыре окружности попарно касаются, их кривизны удовлетворяют соотношению: $(k_1 + k_2 + k_3 + k_4)^2 = 2(k_1^2 + k_2^2 + k_3^2 + k_4^2)$. Кочик показал, что определённом выборе кривизны k_4 , формула Койде следует из теоремы Декарта. В модели Кочика три массы лептонов соответствуют квадратам кривизны трёх окружностей. Четвёртая окружность (нулевая масса) интерпретируется как прямая линия (кривизна равна нулю).

Целью данной работы является объединение моделей Фута и Кочика и перевода феноменологического уравнения Койде в топологическую модель (ТМ), основанную на свойствах физического вакуума.

1. Объединенная модель Фута - Кочика

Объединим модели Фута и Кочика, учитывая, что используемые ниже термины — радиус, кривизна и орбита — являются привычными образами, а физический смысл имеют эквивалентные частоты.

Рассмотрим пространство как бозонный конденсат, состоящий из спаренных топологических дефектов — узлов (первичных фермионов). Использование модели МПК [5] не является критически важной, но позволяет обосновать следующие утверждения: скорость первичного фермиона близка к скорости света и пространство (вакуум) можно представить, как связанные пары первичных фермионов («зарядов Дирака» — в ранних работах [6]).

Сложному орбитально-спиновому движению можно поставить в соответствие определённые частоты. Электромагнитная масса, в соответствии с моделью Кочика, обратно пропорциональна квадрату радиуса, вектор кривизны равен: $\mathbf{k} = (\frac{1}{R_1}, \frac{1}{R_2}, \frac{1}{R_3})$. Компоненты вектора $k_i = \frac{1}{R_i}$ пропорциональны корням из масс: $k_i \sim \sqrt{m_i}$. Скорость движения первичных фермионов в бозонном конденсате постоянна и близка к скорости света c , частота связана с радиусом соотношением $\omega_i = \frac{c}{R_i}$, компоненты вектора кривизны $k_i = \frac{1}{R_i}$ пропорциональны частотам: $k_i \sim \omega_i$, тогда между массами и частотами в объединенной модели Фута-Кочика существует зависимость:

$$m_i \sim \frac{1}{R_i^2} \sim \omega_i^2. \quad (4)$$

Следовательно, эквивалентные частоты в формуле Койде не случайны и подчиняются отношению 2/3.

Назовем «изоморфным сжатием» пропорциональное изменение масштабов с сохранением скорости и углов. При уменьшении радиуса, уменьшится длина окружности. Скорость остаётся постоянной, тогда время одного оборота сократится, а

частота пропорционально увеличится. В соответствии с объединенной моделью, при уменьшении радиуса вдвое, масса увеличится в 4 раза. Выбрав в качестве компонент вектора корни из масс, Фут постулировал пропорциональность массы квадрату частоты. В результате, модель не просто устанавливает определенное соотношение между массами лептонов, но и каждому поколению лептонов ставит в соответствие определенную частоту.

Сопоставим пространству базовый масштаб R_0 и частоту F_0 . При сложном спин-орбитальном движении точки возникает условие фазового сопряжения: спиновые частоты должны быть кратны целым числам (1, 2, 4, ...) относительно орбитальной частоты. В противном случае совмещения фаз не произойдет, и возникнут биения между базовой и смещенной частотами. Рассмотрим это явление на примере цилиндра высотой $2\pi R_0$ и радиусом R_0 . Условие фазового сопряжения при равенстве спин-орбитальных частот соответствует шагу резьбы под углом 45° . Если развернуть поверхность цилиндра на плоскости, тогда траектория движения будет гипотенузой равнобедренного прямоугольного треугольника. Проекция скорости равны:

$$v_{orb} = v_{spin} = \frac{c}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

Изменение длины катета треугольника, при сохранении длины гипотенузы, приведет к изменению угла 45° и сопряжение произойдет с фазовым смещением: изменится высота цилиндра, что эквивалентно изменению относительно базовой частоты $F_0 = \frac{c}{2\pi R_0}$ и нарушению условия кратности.

Поворот орбитального вектора в пространстве приводит к повороту спин - вектора. В результате между знаком спина и электрического заряда возникает соответствие: может существовать только два типа «винтовой резьбы» — правая и левая, причем тип резьбы при повороте «винта» в пространстве не изменяется. Сохранение электрического заряда при вращениях в однородном и изотропном пространстве является следствием неразрывной связи спина и орбиты и, вероятно, лежит в основе калибровочной симметрии $U(1)_e$ теоремы Нётер.

2. Изоморфное сжатие и иерархия масс лептонов

Определим частоты, соответствующие 3 поколениям заряженных лептонов. В ТМ используется измененная гипотеза Дирака [6], согласно которой из бозонного конденсата рождаются две стабильные частицы — протон и электрон:

$$AB + AB = A + B(ab) = p + e. \quad (6)$$

Вследствие запрета (аналога принципа Паули) разделенный заряд B (первичный фермион) не может занять базисную орбиту (бозонная группа $ab = AB$) и вытесняется на внешнюю квантованную орбиту: $R_e = 2R_0$, R_e - классический радиус электрона. Формируется комбинация зарядов Дирака (первичных фермионов) вида: $B(ab)$. Вторая разрешенная квантованием орбита равна $\frac{1}{4}R_e = \frac{1}{2}R_0$ соответствует радиусу протона [7] и заполняется зарядом A - это первое удвоение частоты относительно базиса или увеличение в 4 раза относительно внешней орбиты (частоты) электрона.

Рассмотрим заряженные лептоны как изоморфное сжатие с постоянным коэффициентом равным 4 орбиты удаленного первичного фермиона B из группы $B(ab)$. Тогда ряд частот для 3 поколений заряженных лептонов будет равен:

$$\bar{f}_i = 4^{i-1}; i = 1, 2, 3; \bar{f}_1 = 1, \bar{f}_2 = 4, \bar{f}_3 = 16. \quad (7)$$

Нормировка выполняется по частоте электрона $F_e = \frac{c}{2\pi R_e}$. Уровень, соответствующий базовой орбите $R_0 = 0,5R_e$, запрещен, что объясняет отсутствие частицы с массой между электроном и мюоном. Ряд (7) частот является следствием изоморфного сжатия и условия фазового сопряжения, описанного в разделе 1, и одновременно кратен базовой частоте F_0 .

Для определения коэффициента кратности электрона свяжем спиновую частоту электрона с электромагнитным полем (электромагнитной массой), тогда отношению частот можно поставить в соответствие гиромагнитное отношение g :

$$g = \frac{\omega_{\text{spin}}}{\omega_{\text{orb}}}; \quad (8)$$

$$\omega_{\text{spin}} = g \omega_{\text{orb}} = 2\omega_{\text{orb}}. \quad (9)$$

Введём понятие «фазовой массы» m_ϕ равной массе покоя, на радиан фазового угла. Связь между фазовой массой и массой покоя m_x задается через гиромангнитное отношение $g = 2$:

$$m_x = 2\pi g m_\phi. \quad (10)$$

Для проверки гипотезы изоморфного сжатия составим ряд относительных фазовых масс лептонов:

$$X_1 = 1; X_2 = \frac{m_\mu}{2\pi m_e} \approx 32,9082; X_3 = \frac{m_\tau}{2\pi m_e^2} \cdot \frac{1}{\eta} \approx 1083,0548. \quad (11)$$

Логарифмы равные: 0; 3,49372 и 6,98754 - образуют арифметическую прогрессию с отклонением $R^2 \sim 1 - 5 \cdot 10^{-11}$, причем отношение логарифмов равно 2,00003, что доказывает существование квадратичной зависимости между массами лептонов. При изоморфном масштабировании учитывается удвоение спиновых частот и коэффициент сжатия равный 4:

$$\frac{X_2}{X_1} \cong \frac{X_3}{X_2} = g \bar{f}_i^2 \approx 32,9 \approx g(4)^2. \quad (12)$$

При составлении логарифмического ряда нормирование выполняется по массе электрона m_e в единицах МэВ. При обратном переходе от логарифма безразмерных величин к массам, размерность восстанавливается путем умножения на коэффициент $\eta = \frac{1}{\text{МэВ}}$. Такой прием является стандартной процедурой при работе с логарифмическими уравнениями.

Восстановленные после логарифмирования массы мюона и тау – лептона, соответственно, равны:

$$m_\mu \cong 2\pi m_e e^{3,4937217} = 105,65837 \text{ МэВ}; \quad (13)$$

$$m_\tau \cong 2\pi m_e^2 e^{(2 \cdot 3,4937217)} \eta = 1776,7568 \text{ МэВ}.$$

Выполним переход от масс покоя к частотам. Оценим коэффициент масштабирования массы покоя мюона: $\bar{m}_\mu = \frac{m_\mu}{m_e} \sim 2\pi e^x$, тогда при $x \approx 3,46$, $\bar{m}_\mu \sim 2\pi g \cdot 16 = 64\pi = 201,3$. Фактическое отношение масс $\approx 206,8$ отличие составляет около $\approx 2,7\%$. Свяжем образовавшийся дефицит массы с энергией, затраченной на поляризацию бозонного конденсата, т.е. на создание электрического поля. Назовем эту часть общей массы «электростатической» или сокращенно «статической» компонентой.

Относительные массы соответствуют относительным частотам (12): электрону соответствует относительная частота равная 1, мюону - частота близкая к резонансу $\bar{f}_2 = 4$ и тау - лептону: $\bar{f}_3 = 16$. Эти частоты кратны базовой частоте и создают две компоненты массы в сумме равные массе покоя. Используя полученные соотношения, и модель Фута-Кочика, перепишем формулу Койде (1) в виде отношение суммы относительных масс покоя (числитель), заданных логарифмической функцией (по массе мюона), к квадрату суммы относительных частот:

$$\frac{1 + e^{\gamma(\mu)} + m_e \eta e^{2\gamma(\mu)}}{g(1+4+16)^2} \cong 0,66587, \quad (14)$$

где: $\gamma(\mu) = 3,4937217$. Полученное уравнение объединяет эмпирическое правило, геометрический инвариант и топологическую динамику, связывающую массы лептонов с частотами спин-орбитального сопряжения.

Вращение заряда происходит в электрическом поле, созданным самим зарядом. В результате необходимо учитывать обратное влияние «поляризованного вакуума», вызывающее нарушение сопряжения. Учет этого явления с помощью коэффициента, предложенного Швингером [8], приближает частотно – массовое уравнение по точности к уравнению Койде:

$$\frac{1 + e^{\gamma(\mu)} + m_e \eta e^{2\gamma(\mu)}}{g(1+4+16)^2} (1 + \beta) = \frac{2}{3} \cong 0,66664, \quad (15)$$

где: $\beta = \frac{q^2}{hc}$; q, h, c – единица электрического заряда, нередуцированная постоянная Планка и скорость света (СГС), соответственно.

Если предположить, что полная масса лептонов пропорциональна суперпозиции частот: $m_i \sim \bar{f}_i^2 + \bar{f}_i = \bar{f}_i(\bar{f}_i + 1)$, тогда

$$\frac{\sum \bar{f}_i(\bar{f}_i + 1)}{(\sum \bar{f}_i)^2} \equiv \frac{2}{3}. \quad (16)$$

Уравнения (15) и (16) не равносильны и описывают различные процессы: уравнение (15) можно трактовать как связь квантованных частот с массой покоя, а (16) – как соотношение между этими частотами. Возможно, уравнение (12) прямо не связано с уравнением Койде (1), а устанавливает гармоническую связь между частотами самого пространства: $2^1, 2^2, 2^5, 2^8$ ($C\# - D - F - G\# - \dots$).

3. Проверка ТМ

3.1. Zitterbewegung.

Оценим некоторые «тонкие» эффекты на примере электрона. Круговая частота, связанная с классическим радиусом электрона R_e , равна:

$$\omega_e = \frac{c}{R_e} = \frac{m_e c^3}{q^2}, \text{ (СГС)} \quad (17)$$

В результате поляризации нарушается сопряжение между частотой конденсата и частотой электрона $\omega_e = \frac{c}{R_e} \neq \frac{c}{2R_0}$. Свяжем рассогласование с возникновением аномалии магнитного момента: $\delta \sim \beta = \frac{q^2}{hc}$. В результате в пространстве возникают колебания (дрожание) пропорциональные смещению частот. Учитывая кратность спин – орбитальных $g = 2$, частота дрожания равна:

$$\omega_{ZB} \sim 2\pi g \beta \omega_e = 2 \frac{q^2}{hc} \cdot \frac{m_e c^3}{q^2} = \frac{2m_e c^2}{h} = 2\omega_C. \quad (18)$$

В теории Дирака [9] частота дрожания - Zitterbewegung равна удвоенной комптоновской частоте ω_C и совпадает с уравнением (18). Дрожание спиновой частоты должно приводить к осцилляциям электромагнитного поля. В ТМ феномен проявляется не только как квантовое свойство волновой функции, но и как наблюдаемый феномен модуляции электромагнитного поля.

3.2. Тест на согласованность ТМ

ТМ позволяет вычислить электромагнитные радиусы лептонов, используя резонансы бозонного конденсата. Сравним полученные радиусы с радиусами Лоренца, вычисленными по фактическим массам лептонов. Квантованные орбиты образуют прогрессию:

$$R_\mu = \frac{R_e}{4} = \frac{R_0}{2}; R_\tau = \frac{R_e}{16} = \frac{R_0}{8} = \frac{R_\mu}{4}. \quad (19)$$

Электромагнитные радиусы в ТМ обратно пропорциональны квадрату частот (фазовым массам):

$$R_{\mu w} \approx \frac{1}{2\pi g} \cdot \frac{R_e}{4^2} = \frac{R_\mu}{16\pi} \approx 0,014 \text{ фм}; \quad (20)$$

$$R_{\tau w} \approx \frac{1}{2\pi g} \cdot \frac{R_e}{16^2} = \frac{R_\mu}{256\pi} \approx 0,00087 \text{ фм}, \quad (21)$$

где индекс μw обозначает волновые (электромагнитные) радиусы. Классические радиусы Лоренца (по аналогии с электромагнитным радиусом электрона) обратно пропорциональны массам покоя [10]:

$$R_\mu^{\text{em}} = R_e \cdot \frac{m_e}{m_\mu} \approx 0,0136 \text{ фм}; \quad (23)$$

$$R_\tau^{\text{em}} = R_e \cdot \frac{m_e}{m_\tau} \approx 0,00081 \text{ фм}. \quad (24)$$

Расхождение между топологическими радиусами по сопряженным частотам и радиусами Лоренца для мюона и тау – лептона, в рамках ТМ, вызвано наличием электростатической массы: $\sim 2,9$ МэВ и ~ 132 МэВ, соответственно. Рост статической массы при зависимости $\sim \frac{1}{R_x}$, должен был привести к уменьшению относительной

доли для тау – лептона в 4 раза по отношению к мюону и составить около 12 МэВ. Наблюдаемое отклонение, может указывать на существование предела плотности энергии электростатического поля.

Если учесть, что электростатические компоненты массы не корректируются и пропорционально статическим массам уменьшить поправку Швингера, тогда для равенства правой части уравнения 2/3, при заданной массе мюона, масса тау – лептона должна быть равна ~1777,0 МэВ.

$$\frac{1+e^{\gamma(\mu)}+m_e\eta e^{\gamma(x)}}{g(1+4+16)^2}k(\tau)=\frac{2}{3}, \quad (25)$$

$k(\tau) \approx 1 + \beta - 0,072\beta$. Решение уравнения Койде (1), при заданных массах электрона и мюона равно: 1776,936 МэВ

Последние измерения массы тау - лептона, выполненное коллаборацией Belle II и включённое в обзор PDG (2024), дают значение массы $1777,09 \pm 0,14$ МэВ. Расчетное значение $m_\tau \sim 1777,0$ МэВ, близко к центру диапазона экспериментальной погрешности: 1776,95 – 1777,23 (МэВ).

3.3. Прогноз по четвертому поколению.

Прямое продолжение ряда лептонов по модели Фута меняет структуру уравнения, поскольку угол 45° и трёхмерный вектор масс связаны с тремя поколениями заряженных лептонов. При добавлении четвёртого лептона численное значение соотношения изменится.

Теорема Декарта, лежащая в основе модели Кочика, применяется к четырём попарно касающимся окружностям и не допускает добавления пятой окружности в той же плоскости. Обобщение на трёхмерное пространство (теорема Содди-Госсета) распространяется для $n + 2$ взаимно касающихся сфер в n – мерном пространстве, но такая модель не связана с формулой Койде. В результате, формула Койде непосредственно не может предсказать существование четвёртого поколения, а её обобщение на большее число поколений потребовало бы новой геометрической интерпретации, и не будет соответствовать коэффициенту 2/3.

В ТМ была доказана квадратичная зависимость массы покоя от номера гармоник бозонного конденсата, не зависящая от коэффициента 2/3. Тогда оценка массы 4 поколения лептонов, если оно существует, дает значение:

$$m_4 \sim \frac{m_\tau^2}{2\pi} \cong 500 \text{ ГэВ}. \quad (26)$$

Фактором, ограничивающим увеличение массы частиц, является нелинейный рост статической компоненты. Прогноз может быть проверен в обозримом будущем на коллайдерах FCC и ILC.

Заключение

В работе предложена топологическая интерпретация эмпирической формулы Койде для масс заряженных лептонов, основанная на модели структурированного вакуума:

Показано, что угол 45° в интерпретации Фута, связан с условием квадратичной зависимости масс поколений лептонов, а модель Кочика отражает реальное соотношение радиусов кривизны спиновых орбит (частот). Введено понятие фазовой массы как плотности массы-энергии на радиан фазового оборота. Показано, что изоморфное сжатие с коэффициентом 4 приводит к геометрической прогрессии частот, причем: *отношение суммы относительных масс покоя трех поколений заряженных лептонов, к квадрату суммы относительных спиновых частот, близко к 2/3.*

Список литературы / References

1. Koide Y. New Fermion Mass Relation // Phys. Lett. B. 1982. Vol. 120. P. 161–165.
2. Navas S. et al. (Particle Data Group). Review of Particle Physics // Phys. Rev. D. 2024. Vol. 110. 030001. DOI: 10.1103/PhysRevD.110.030001

3. *Foot R.* A Note on Koide's Lepton Mass Relation // *Mod. Phys. Lett. A.* 1994. Vol. 9. P. 157–160. (arXiv:hep-ph/9402242)
4. *Kocik J.* Koide's formula as a relation of Descartes' circle theorem // arXiv:1205.0493 (2012).
5. *Лебедев В.Н.* Модель планковского конвейера (МПК) образования Вселенной: от первичной материи до вещества // *Проблемы науки.* 2026. № 3 (96). С. 30. DOI: 10.24412/2413-2101-2026-103026.
6. *Лебедев В.Н.* Универсальные законы структурированного вакуума: нуклоны и ядерные силы // *Проблемы науки.* 2024. № 5 (86). С. 17–25. DOI: 10.24411/2413-2101-2024-10502
7. *Лебедев В.Н.* Комбинационная таблица адронов // *Проблемы науки.* 2025. № 2 (89). С. 4–12. DOI 10.24411/2413-2101-2025-10201
8. *Schwinger J.* On Quantum-Electrodynamics and the Magnetic Moment of the Electron // *Phys. Rev.* 1948. Vol. 73. P. 416–417.
9. *Dirac P.A.M.* "The Quantum Theory of the Electron", *Proc. R. Soc. Lond. A* 117, 610–624 (1928).
10. *Lorentz H.A.* Electromagnetic Phenomena in a System Moving with any Velocity Less than that of Light // *Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences.* 1904. Vol. 6. P. 809–831.

МЕХАНИЗМЫ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И МОДИФИЦИРОВАНИИ ЛИТЕЙНЫХ СТАЛЕЙ

Стеценко В.Ю.¹, Стеценко А.В.²

¹Стеценко Владимир Юзефович – доктор технических наук,

²Стеценко Андрей Владимирович – магистр,
г. Могилев, Республика Беларусь

Аннотация: на основе теории наноструктурной кристаллизации металлических расплавов показано, что кристаллизация литейных сталей является наноструктурным процессом, в котором основную роль играют элементарные нанокристаллы железа, графита и легирующих элементов. Основными демодифицирующими элементами литейных сталей являются атомы водорода и кислорода. Адсорбируясь на нанокристаллах железа в расплавах, атомы водорода и кислорода препятствуют формированию центров кристаллизации кристаллизующихся фаз. На основе термодинамических расчетов показано, что модифицирующие элементы активно рафинируют в расплавах литейных сталей элементарные нанокристаллы железа от адсорбированных атомов кислорода. Модифицирующие элементы снижают в расплавах литейных сталей концентрации атомов кислорода и водорода, что способствует модифицированию структур отливок и повышению их механических свойств.

Ключевые слова: литейные стали, наноструктурирование, кристаллизация, модифицирование, нанокристаллы, адсорбция, водород, кислород.

MECHANISMS OF NANOSTRUCTURING DURING CRYSTALLIZATION AND MODIFICATION OF CAST STEELS

Stetsenko V. Yu.¹, Stetsenko A. V.²

¹Stetsenko Vladimir Yuzefovich – Dr. of Engineering Science,

²Stetsenko Andrey Vladimirovich – Master,
MOGILEV, REPUBLIC OF BELARUS

Abstract: based on the theory of non-structural crystallization of metal melts, it has been shown that the crystallization of casting steels is a nanostructural process in which elementary nanocrystals of iron, graphite, and alloying elements play a major role. The main demodifying elements in casting steels are hydrogen and oxygen atoms. When adsorbed on the nanocrystals of iron in the melts, hydrogen and oxygen atoms prevent the formation of crystallization centers in the crystallizing phases. Based on thermodynamic calculations, it has been shown that the modifying elements actively refine the elementary nanocrystals of iron in the casting steel melts from the adsorbed oxygen atoms. The modifying elements reduce the concentrations of oxygen and hydrogen atoms in the casting steel melts, which helps to modify the structures of the castings and improve their mechanical properties.

Keywords: casting steels, nanostructuring, crystallization, modification, nanocrystals, adsorption, hydrogen, oxygen.

Цель работы – определение механизмов наноструктурирования при кристаллизации и модифицировании литейных сталей.

Для достижения цели настоящей работы необходимо использовать теорию наноструктурной кристаллизации металлических расплавов (ТНК) [1–3]. ТНК основана на наноструктурном строении металлических расплавов, состоящих из элементарных нанокристаллов компонентов и их свободных атомов. Согласно ТНК, кристаллизация металлических расплавов является наноструктурным процессом, в котором сначала из элементарных нанокристаллов и свободных атомов образуются структурообразующие нанокристаллы. Затем из структурообразующих нанокристаллов и свободных атомов формируются центры кристаллизации (ЦК) микрокристаллов кристаллизующихся фаз. Далее из этих ЦК, структурообразующих нанокристаллов и свободных атомов формируются микрокристаллы кристаллизующихся фаз. При этом ЦК, состоящие из нанокристаллов фаз, будут удовлетворять принципу структурного и размерного соответствия Данкова – Конобеевского, поскольку имеют одинаковые элементарные кристаллические решетки с соответствующими микрокристаллами фаз.

Кристаллизация углеродистых литейных сталей

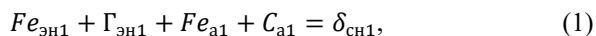
Углеродистые литейные стали (УЛС) содержат 0,12–0,6% углерода, а также, в среднем, 0,6% *Mn* и 0,5% *Si* [4]. В этих сталях кремний действует как раскислитель, а марганец, в основном, – как раскислитель и десульфатор. Поэтому на кристаллизацию УЛС будут влиять железо и углерод.

При кристаллизации УЛС, содержащих 0,12–0,5% углерода, сначала формируются микрокристаллы δ -фазы ($\delta_{\text{мк1}}$), а затем, по перитектической реакции, образуются микрокристаллы γ -фазы ($\gamma_{\text{мк1}}$) [5]. При кристаллизации УЛС, содержащих 0,5–0,6% углерода, из расплава формируются микрокристаллы аустенита ($A_{\text{мк}}$) [4, 5].

УЛС можно получить, растворив в жидком железе графит. Теплота плавления железа составляет 13,8 кДж/моль, а теплота его атомизации – 418,3 кДж/моль [6]. При плавлении железа атомизируется только 3,3% его ионов, а микрокристаллы железа распадаются на его элементарные нанокристаллы [7].

Теплота растворения графита в жидком железе составляет 71,3 кДж/моль [8]. Теплота атомизации графита равна 716,1 кДж/моль [6]. Поэтому при растворении графита в жидком железе атомизируется только 10% связанных атомов углерода, а микрокристаллы графита распадаются на его элементарные нанокристаллы [7].

Согласно ТНК, кристаллизация $\delta_{\text{мк1}}$ происходит следующим образом [1–3]. Сначала формируются структурообразующие нанокристаллы ($\delta_{\text{сн1}}$) по следующей реакции:

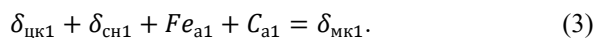


где $Fe_{\text{эн1}}$, $\Gamma_{\text{эн1}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита кристаллизующихся расплавов УЛС, $Fe_{\text{а1}}$, $C_{\text{а1}}$ – атомы железа, углерода этих расплавов.

Затем образуются ЦК ($\delta_{\text{цк1}}$) согласно следующей реакции:



Заканчивается процесс кристаллизации $\delta_{\text{мк1}}$ по следующей реакции:



Кристаллизация $\gamma_{\text{мк1}}$ УЛС происходит по следующей перитектической реакции [5]:

$$\delta_{\text{МК2}} + L = \gamma_{\text{МК1}}, \quad (4)$$

где $\delta_{\text{МК2}}$ – микрокристаллы δ -фазы УЛС при перитектической реакции; L – расплав этих сталей при перитектической реакции.

Микрокристаллы $\delta_{\text{МК2}}$ состоят из элементарных нанокристаллов железа ($Fe_{\text{ЭН2}}$), графита ($\Gamma_{\text{ЭН2}}$) и атомов железа ($Fe_{\text{а2}}$), углерода ($C_{\text{а2}}$). При перитектической реакции $\delta_{\text{МК2}}$ распадаются на свои структурные элементарные нанокристаллы и атомы. Расплав L состоит из элементарных нанокристаллов железа ($Fe_{\text{ЭН3}}$), графита ($\Gamma_{\text{ЭН3}}$) и атомов железа ($Fe_{\text{а3}}$), углерода ($C_{\text{а3}}$).

Микрокристаллы $\gamma_{\text{МК1}}$ состоят из элементарных нанокристаллов железа ($Fe_{\text{ЭН4}}$), графита ($\Gamma_{\text{ЭН4}}$) и атомов железа ($Fe_{\text{а4}}$), углерода ($C_{\text{а4}}$). При этом выполняются следующие равенства.

$$\begin{aligned} Fe_{\text{ЭН4}} &= Fe_{\text{ЭН2}} + Fe_{\text{ЭН3}}, \\ \Gamma_{\text{ЭН4}} &= \Gamma_{\text{ЭН2}} + \Gamma_{\text{ЭН3}}, \\ Fe_{\text{а4}} &= Fe_{\text{а2}} + Fe_{\text{а3}}, \\ C_{\text{а4}} &= C_{\text{а2}} + C_{\text{а3}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Процесс наноструктурной кристаллизации $\gamma_{\text{МК1}}$ УЛС можно представить следующим образом [1–3]. Сначала формируются структурообразующие нанокристаллы ($\gamma_{\text{СН1}}$) по следующей реакции:

$$Fe_{\text{ЭН4}} + \Gamma_{\text{ЭН4}} + Fe_{\text{а4}} + C_{\text{а4}} = \gamma_{\text{СН1}}, \quad (6)$$

Затем образуются ЦК ($\gamma_{\text{ЦК1}}$) согласно следующей реакции:

$$\gamma_{\text{СН1}} + Fe_{\text{а4}} + C_{\text{а4}} = \gamma_{\text{ЦК1}}. \quad (7)$$

Заканчивается процесс кристаллизации $\gamma_{\text{МК1}}$ по следующей реакции:

$$\gamma_{\text{ЦК1}} + \gamma_{\text{СН1}} + Fe_{\text{а4}} + C_{\text{а4}} = \gamma_{\text{МК1}}. \quad (8)$$

Согласно ТНК, кристаллизация $A_{\text{МК}}$ происходит следующим образом [1–3]. Сначала формируются структурообразующие нанокристаллы ($A_{\text{СН}}$) по следующей реакции:

$$Fe_{\text{ЭН5}} + \Gamma_{\text{ЭН5}} + Fe_{\text{а5}} + C_{\text{а5}} = A_{\text{СН}}, \quad (9)$$

где $Fe_{\text{ЭН5}}$, $\Gamma_{\text{ЭН5}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита кристаллизующихся расплавов УЛС; $Fe_{\text{а5}}$, $C_{\text{а5}}$ – атомы железа, углерода этих расплавов.

Затем образуются центры кристаллизации ($A_{\text{ЦК}}$) согласно следующей реакции:

$$A_{\text{СН}} + Fe_{\text{а5}} + C_{\text{а5}} = A_{\text{ЦК}}. \quad (10)$$

Заканчивается процесс формирования $A_{\text{МК}}$ по следующей реакции:

$$A_{\text{ЦК}} + A_{\text{СН}} + Fe_{\text{а5}} + C_{\text{а5}} = A_{\text{МК}}. \quad (11)$$

На кристаллизацию УЛС большое влияние оказывают атомы водорода и кислорода. Атомарный водород образуется при взаимодействии атмосферных

молекул воды с элементарными нанокристаллами железа [7, 9]. Атомы водорода адсорбируются элементарными нанокристаллами железа, поскольку стандартная теплота адсорбции атомарного водорода на железе составляет 143 кДж/моль [10]. При этом в расплавах УЛС не образуются гидриды железа [11].

Атомарный водород находится в расплавах УЛС в адсорбированном и свободном (растворенном) состояниях. При этом атомы водорода не образуют с элементарными нанокристаллами железа твердый раствор внедрения [8].

Между адсорбированным водородом – $\{H\}$ и растворенным водородом – $[H]$ в расплавах УЛС устанавливается равновесие по закону Генри, согласно следующему уравнению [12]:

$$\{H\} = k_1[H], \quad (12)$$

где k_1 – константа Генри.

Атомарный кислород образуется при взаимодействии молекул атмосферного кислорода с элементарными нанокристаллами железа расплавов УЛС [7]. Атомы кислорода адсорбируются элементарными нанокристаллами железа, поскольку стандартная теплота адсорбции атомарного кислорода на железе составляет 570 кДж/моль [10]. При этом не образуется FeO , поскольку его стандартная теплота образования меньше стандартной теплоты адсорбции атомов кислорода на нанокристаллах железа [10, 13].

Атомарный кислород находится в расплавах УЛС в адсорбированном и свободном (растворенном) состояниях. Между адсорбированным кислородом – $\{O\}$ и растворенным кислородом – $[O]$ устанавливается равновесие по закону Генри, согласно следующему уравнению [12]:

$$\{O\} = k_2[O], \quad (13)$$

где k_2 – константа Генри.

В УЛС содержится достаточное количество кремния и марганца, которые являются хорошими раскисляющими элементами. Они снижают в расплавах УЛС концентрацию растворенного кислорода, что, согласно уравнению (13), уменьшает концентрацию адсорбированного кислорода. Это снижает поверхностную активность атомов кислорода на элементарных нанокристаллах железа и делает ее сравнимой с поверхностной активностью атомов водорода в расплавах УЛС.

Атомы водорода и кислорода, адсорбируясь на элементарных нанокристаллах железа в расплавах УЛС, препятствуют образованию $\delta_{\text{цк1}}$, $\gamma_{\text{цк1}}$, $A_{\text{цк}}$, при кристаллизации УЛС, что приводит к укрупнению структуры в отливках и слитках. Для модифицирования структуры УЛС необходимо уменьшить в расплавах концентрации адсорбированных атомов кислорода и водорода.

На кристаллизацию УЛС большое влияние оказывает молекулярный водород. Он выделяется на дендритных ветвях микрокристаллов кристаллизующихся фаз, замедляя процесс их формирования, что снижает скорость затвердевания расплавов. Это приводит к образованию крупных дендритных ветвей в структурах отливок и слитков при их затвердевании.

Вакуумирование жидкой стали снижает в ней концентрацию растворенного и адсорбированного водорода, что способствует модифицированию структур отливок и слитков [14]. Кроме этого, модифицированный стальной слиток затвердевает быстрее немодифицированного [15].

Модифицирующие элементы УЛС (Mg , Ca , Ba и др.) являются активными гидридообразователями, но в расплавах этих сталей не образуют гидридов [11]. Но продукты модифицирования УЛС, в основном оксиды, активно адсорбируют водород, снижая его концентрацию в расплавах. Модифицирующие элементы УЛС также

обладают высокой раскисляющей способностью, что значительно снижает концентрацию атомов кислорода в расплавах [16, 17].

Модифицирующие элементы УЛС, уменьшая концентрации адсорбированных атомов водорода и кислорода, повышают интенсивность объединения нанокристаллов в ЦК микрокристаллов кристаллизующихся фаз. В результате увеличивается концентрация этих ЦК, что приводит к измельчению структур при затвердевании отливок и слитков. Поэтому уменьшение концентрации атомов кислорода и водорода в расплавах УЛС является эффективным способом модифицирования структур отливок и слитков при их кристаллизации. ЦК УЛС служат $\delta_{\text{цк1}}$, $\gamma_{\text{цк1}}$, $A_{\text{цк}}$, которые имеют одинаковые кристаллические решетки с $\delta_{\text{мк1}}$, $\gamma_{\text{мк1}}$, $A_{\text{мк}}$ соответственно, поэтому удовлетворяют принципу структурного и размерного соответствия Данкова – Конобеевского.

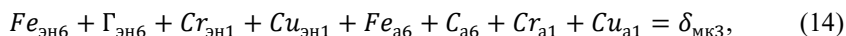
На кристаллизацию УЛС большое влияние оказывает повышенная скорость затвердевания расплавов. Она уменьшает демодифицирующее действие молекулярного водорода, атомов кислорода и водорода на структуру отливок и слитков [7, 17]. Повышенная скорость затвердевания расплавов является универсальным способом модифицирования УЛС при их кристаллизации.

Кристаллизация низколегированных литейных сталей

Низколегированные литейные стали (НЛС) содержат до 0,4% углерода и до 1,5%, в основном, таких легирующих элементов, как *Cr*, *Ni*, *Mn*, *Cu* [4, 18]. Основными НЛС являются: медистые стали, хромомарганцевые стали (ХМС), хромоникелевые стали (ХНС), марганцовистые стали, хромистые стали [4, 18]. При кристаллизации НЛС из расплавов формируются микрокристаллы δ -фазы, а по перитектической реакции – микрокристаллы γ -фазы [5].

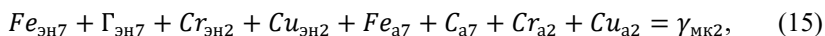
НЛС можно получить, растворив в жидком железе графит, хром, никель, марганец, медь. При этом их микрокристаллы распадаются на элементарные нанокристаллы [1–3].

На кристаллизацию медистых сталей влияют железо, углерод, хром и медь [4, 5, 18]. Согласно ТНК, кристаллизация микрокристаллов δ -фазы медистых сталей ($\delta_{\text{мк3}}$), в общем виде, происходит по следующей реакции [1–3]:



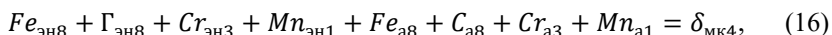
где $Fe_{\text{эн6}}$, $\Gamma_{\text{эн6}}$, $Cr_{\text{эн1}}$, $Cu_{\text{эн1}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома, меди кристаллизующегося расплава; $Fe_{\text{а6}}$, $C_{\text{а6}}$, $Cr_{\text{а1}}$, $Cu_{\text{а1}}$ – атомы железа, углерода, хрома, меди этого расплава.

Кристаллизация микрокристаллов γ -фазы медистых сталей ($\gamma_{\text{мк2}}$) является наноструктурным процессом, который, в общем виде, происходит согласно следующей реакции [7]:



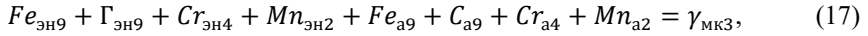
где $Fe_{\text{эн7}}$, $\Gamma_{\text{эн7}}$, $Cr_{\text{эн2}}$, $Cu_{\text{эн2}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома, меди γ -фазы при перитектической реакции; $Fe_{\text{а7}}$, $C_{\text{а7}}$, $Cr_{\text{а2}}$, $Cu_{\text{а2}}$ – атомы железа, углерода, хрома, меди γ -фазы при этой реакции.

На кристаллизацию ХМС влияют железо, углерод, хром, марганец [4, 5, 18]. Согласно ТНК, кристаллизация микрокристаллов δ -фазы ХМС ($\delta_{\text{мк4}}$), в общем виде, происходит по следующей реакции [1–3]:



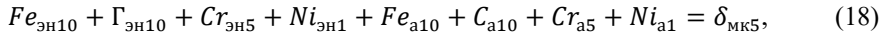
где $Fe_{\text{эн8}}$, $\Gamma_{\text{эн8}}$, $Cr_{\text{эн3}}$, $Mn_{\text{эн1}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома, марганца кристаллизующегося расплава; $Fe_{\text{а8}}$, $C_{\text{а8}}$, $Cr_{\text{а3}}$, $Mn_{\text{а1}}$ – атомы железа, углерода, хрома, марганца этого расплава.

Кристаллизация микрокристаллов γ -фазы ХМС ($\gamma_{\text{МК3}}$) является наноструктурным процессом, который, в общем виде, происходит согласно следующей реакции [1–3]:



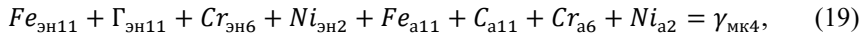
где $Fe_{\text{эн9}}$, $\Gamma_{\text{эн9}}$, $Cr_{\text{эн4}}$, $Mn_{\text{эн2}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома, марганца γ -фазы при перитектической реакции; $Fe_{\text{а9}}$, $C_{\text{а9}}$, $Cr_{\text{а4}}$, $Mn_{\text{а2}}$ – атомы железа, углерода, хрома, марганца γ -фазы при этой реакции.

На кристаллизацию ХНС влияют железо, углерод, хром, никель [4, 5, 18]. Согласно ТНК, кристаллизация микрокристаллов δ -фазы ХНС ($\delta_{\text{МК5}}$), в общем виде, происходит по следующей реакции [1–3]:



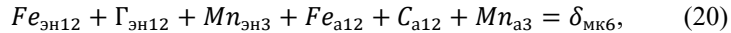
где $Fe_{\text{эн10}}$, $\Gamma_{\text{эн10}}$, $Cr_{\text{эн5}}$, $Ni_{\text{эн1}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома, никеля кристаллизующегося расплава; $Fe_{\text{а10}}$, $C_{\text{а10}}$, $Cr_{\text{а5}}$, $Ni_{\text{а1}}$ – атомы железа, углерода, хрома, никеля этого расплава.

Кристаллизация микрокристаллов γ -фазы ХНС ($\gamma_{\text{МК4}}$) является наноструктурным процессом, который, в общем виде, происходит согласно следующей реакции [1–3]:



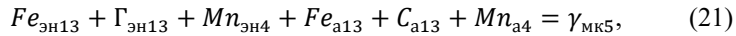
где $Fe_{\text{эн11}}$, $\Gamma_{\text{эн11}}$, $Cr_{\text{эн6}}$, $Ni_{\text{эн2}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома, никеля γ -фазы при перитектической реакции; $Fe_{\text{а11}}$, $C_{\text{а11}}$, $Cr_{\text{а6}}$, $Ni_{\text{а2}}$ – атомы железа, углерода, хрома, никеля γ -фазы при этой реакции.

На кристаллизацию марганцовистых сталей влияют железо, углерод, марганец [4, 5, 18]. Согласно ТНК, кристаллизация микрокристаллов δ -фазы марганцовистых сталей ($\delta_{\text{МК6}}$), в общем виде, происходит по следующей реакции [1–3]:



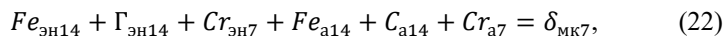
где $Fe_{\text{эн12}}$, $\Gamma_{\text{эн12}}$, $Mn_{\text{эн3}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, марганца кристаллизующегося расплава; $Fe_{\text{а12}}$, $C_{\text{а12}}$, $Mn_{\text{а3}}$ – атомы железа, углерода, марганца этого расплава.

Кристаллизация микрокристаллов γ -фазы марганцовистых сталей ($\gamma_{\text{МК5}}$) является наноструктурным процессом, который, в общем виде, происходит согласно следующей реакции [1–3]:



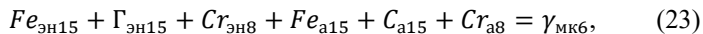
где $Fe_{\text{эн13}}$, $\Gamma_{\text{эн13}}$, $Mn_{\text{эн4}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, марганца γ -фазы при перитектической реакции; $Fe_{\text{а13}}$, $C_{\text{а13}}$, $Mn_{\text{а4}}$ – атомы железа, углерода, марганца γ -фазы при этой реакции.

На кристаллизацию хромистых сталей влияют железо, углерод, хром [4, 5, 18]. Согласно ТНК, кристаллизация микрокристаллов δ -фазы хромистых сталей ($\delta_{\text{МК7}}$), в общем виде, происходит по следующей реакции [1–3]:



где $Fe_{эн14}$, $Г_{эн14}$, $Cr_{эн7}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома кристаллизующегося расплава; Fe_{a14} , C_{a14} , Cr_{a7} – атомы железа, углерода, хрома этого расплава.

Кристаллизация микрокристаллов γ -фазы хромистых сталей ($\gamma_{мк6}$) является наноструктурным процессом, который, в общем виде, происходит согласно следующей реакции [1–3]:



где $Fe_{эн15}$, $Г_{эн15}$, $Cr_{эн8}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома γ -фазы при перитектической реакции; Fe_{a15} , C_{a15} , Cr_{a8} – атомы железа, углерода, хрома γ -фазы при этой реакции.

На кристаллизацию НЛС большое влияние будут оказывать атомы водорода и кислорода, которые попадают в расплавы этих сталей из атмосферного воздуха [7]. Атомы водорода и кислорода, адсорбируясь на элементарных нанокристаллах железа, препятствуют образованию ЦК микрокристаллов δ -фаз и γ -фаз, при кристаллизации НЛС, что способствует укрупнению структур в отливках и слитках.

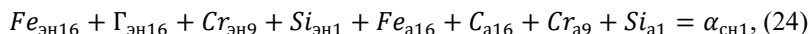
Для модифицирования структур НЛС необходимо уменьшить в их расплавах концентрации адсорбированных атомов кислорода и водорода. Для этого используют модифицирующие элементы. Они повышают интенсивность объединения нанокристаллов в ЦК микрокристаллов фаз. В результате повышается концентрация этих ЦК, что приводит к измельчению кристаллизующихся фаз при затвердевании отливок и слитков НЛС.

Наноструктурирование при кристаллизации высоколегированных литейных сталей

Высоколегированные литейные стали (ВЛС) содержат более 10%, в основном, таких легирующих элементов, как Cr , Mn , Ni , Si [4, 18]. Основными ВЛС являются: высоколегированная хромокремнистая сталь (ВХКС), высоколегированная хромоникелевая сталь (ВХНС), высоколегированная марганцовистая сталь (ВМС), высоколегированная хромистая сталь (ВХС) [4, 18]. При кристаллизации ВХКС и ВХС из расплавов формируются микрокристаллы α -фаз, а при кристаллизации ВХНС и ВМС – микрокристаллы γ -фаз [5].

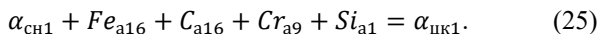
ВЛС можно получить, растворив в жидком железе графит, хром, марганец, никель, кремний. При этом их микрокристаллы распадаются на элементарные нанокристаллы [1–3].

На кристаллизацию ВХКС (40Х9С2Л), в основном, влияют железо, углерод, хром, кремний [4, 5, 18]. Согласно ТНК, кристаллизация микрокристаллов α -фазы ($\alpha_{мк1}$) ВХКС происходит следующим образом [1–3]. Сначала формируются структурообразующие нанокристаллы ($\alpha_{сн1}$) по следующей реакции:

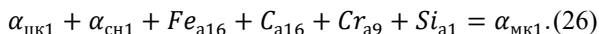


где $Fe_{эн16}$, $Г_{эн16}$, $Cr_{эн9}$, $Si_{эн1}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома, кремния кристаллизующегося расплава ВХКС; Fe_{a16} , C_{a16} , Cr_{a9} , Si_{a1} – атомы железа, углерода, хрома, кремния этого расплава.

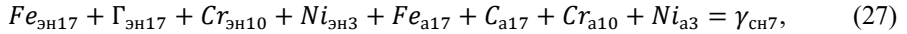
Затем образуются ЦК ($\alpha_{цк1}$) согласно следующей реакции:



Заканчивается процесс кристаллизации $\alpha_{мк1}$ по следующей реакции:

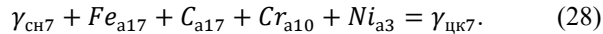


На кристаллизацию ВХНС (12Х18Н9ТЛ), в основном, влияют железо, углерод, хром, никель [4, 5, 18]. Согласно ТНК, кристаллизация микрокристаллов γ -фазы ($\gamma_{\text{МК7}}$) ВХНС происходит следующим образом [1–3]. Сначала формируются структурообразующие нанокристаллы ($\gamma_{\text{СН7}}$) по следующей реакции:

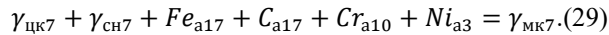


где $Fe_{\text{ЭН17}}$, $\Gamma_{\text{ЭН17}}$, $Cr_{\text{ЭН10}}$, $Ni_{\text{ЭН3}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома, никеля кристаллизующегося расплава ВХНС; $Fe_{\text{а17}}$, $C_{\text{а17}}$, $Cr_{\text{а10}}$, $Ni_{\text{а3}}$ – атомы железа, углерода, хрома, никеля этого расплава.

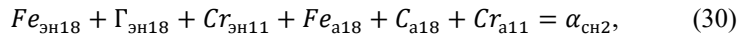
Затем образуются ЦК ($\gamma_{\text{ЦК7}}$) согласно следующей реакции:



Заканчивается процесс кристаллизации $\gamma_{\text{МК7}}$ по следующей реакции:

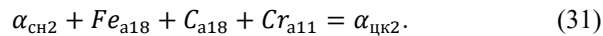


На кристаллизацию ВХС (20Х13Л) влияют, в основном, железо, углерод, хром [4, 5, 18]. Согласно ТНК, кристаллизация микрокристаллов α -фазы ($\alpha_{\text{МК2}}$) происходит следующим образом [1–3]. Сначала формируются структурообразующие нанокристаллы ($\alpha_{\text{СН2}}$) по следующей реакции:

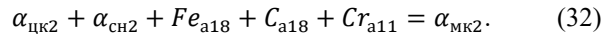


где $Fe_{\text{ЭН18}}$, $\Gamma_{\text{ЭН18}}$, $Cr_{\text{ЭН11}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, хрома кристаллизующегося расплава ВХС; $Fe_{\text{а18}}$, $C_{\text{а18}}$, $Cr_{\text{а11}}$ – атомы железа, углерода, хрома этого расплава.

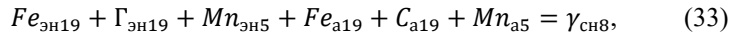
Затем образуются ЦК ($\alpha_{\text{ЦК2}}$) согласно следующей реакции:



Заканчивается процесс кристаллизации $\alpha_{\text{МК2}}$ по следующей реакции:

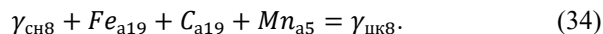


На кристаллизацию ВМС (110Г13Л) влияют, в основном, железо, углерод, марганец [4, 5, 18]. Согласно ТНК, кристаллизация микрокристаллов γ -фазы ($\gamma_{\text{МК8}}$) происходит следующим образом [1–3]. Сначала формируются структурообразующие нанокристаллы ($\gamma_{\text{СН8}}$) по следующей реакции:



где $Fe_{\text{ЭН19}}$, $\Gamma_{\text{ЭН19}}$, $Mn_{\text{ЭН5}}$ – элементарные нанокристаллы железа, графита, марганца кристаллизующегося расплава ВМС; $Fe_{\text{а19}}$, $C_{\text{а19}}$, $Mn_{\text{а5}}$ – атомы железа, углерода, марганца этого расплава.

Затем образуются ЦК ($\gamma_{\text{ЦК8}}$) согласно следующей реакции:



Заканчивается процесс кристаллизации $\gamma_{\text{МК8}}$ по следующей реакции:

$$\gamma_{\text{цк8}} + \gamma_{\text{сн8}} + Fe_{a19} + C_{a19} + Mn_{a5} = \gamma_{\text{мк8}}. \quad (35)$$

На кристаллизацию ВЛС большое влияние будут оказывать атомы водорода и кислорода, которые попадают в расплавы этих сталей из атмосферного воздуха [7]. Атомы водорода и кислорода, адсорбируясь на элементарных нанокристаллах железа, препятствуют образованию ЦК микрокристаллов α -фаз и γ -фаз, при кристаллизации ВЛС, что способствует укрупнению структур в отливках и слитках.

Для модифицирования структур ВЛС необходимо уменьшить в их расплавах концентрации адсорбированных атомов кислорода и водорода. Для этого используют модифицирующие элементы. Они повышают интенсивность объединения нанокристаллов в ЦК микрокристаллов фаз. В результате повышается концентрация этих ЦК, что приводит к измельчению кристаллизующихся фаз, при затвердевании отливок и слитков ВЛС.

Наноструктурный механизм модифицирования углеродистых литейных сталей магнием, кальцием, барием

Известными модифицирующими элементами УЛС являются магний, кальций, барий [18]. После использования этих элементов в расплавах этих сталей уменьшаются концентрации атомов кислорода и серы [18]. Поэтому основными продуктами такого модифицирования служат оксиды и сульфиды магния, кальция и бария. Согласно классической теории модифицирования, эти неметаллические включения являются ЦК микрокристаллов δ -фазы или аустенита [18].

Для того, чтобы оксиды и сульфиды *Mg*, *Ca*, *Ba*, при кристаллизации УЛС, были ЦК микрокристаллов δ -фазы или аустенита, необходимо, чтобы они имели одинаковые типы соответствующих кристаллических решеток, а отличия их параметров не должны превышать 9%, то есть необходимо выполнение принципа структурного и размерного соответствия Данкова – Конобеевского [19, 20].

Аустенит и δ -фаза имеют кубические кристаллические решетки с параметрами $a = 0,368$ нм и $a = 0,294$ нм соответственно [5]. Чтобы оксиды и сульфиды *Mg*, *Ca*, *Ba* были ЦК микрокристаллов аустенита или δ -фазы УЛС, необходимо, чтобы эти неметаллические включения имели кубические кристаллические решетки с параметрами $a = 0,335 \dots 0,401$ нм и $a = 0,267 \dots 0,331$ нм соответственно.

Кубические кристаллические решетки имеют следующие оксиды и сульфиды *Mg*, *Ca*, *Ba*: *MgO* ($a = 0,421$ нм), *CaO* ($a = 0,421$ нм), *BaO* ($a = 0,554$ нм); *MgS* ($a = 0,519$ нм), *CaS* ($a = 0,568$ нм); *BaS* ($a = 0,638$ нм) [21]. Из этого следует, что оксиды и сульфиды *Mg*, *Ca*, *Ba* в УЛС не соответствуют принципу структурного и размерного соответствия Данкова – Конобеевского в отношении аустенита и δ -фазы, поэтому не могут быть ЦК их микрокристаллов.

На кристаллизацию УЛС большое влияние оказывает адсорбированный кислород, который попадает в расплавы при их взаимодействии с молекулами кислорода воздуха [7]. Адсорбируясь на элементарных нанокристаллах железа ($Fe_{\text{эн}}$) в расплавах УЛС, атомы кислорода препятствуют образованию ЦК аустенита или δ -фазы при кристаллизации этих сталей. Тогда механизм модифицирования УЛС магнием, кальцием, барием сводится к рафинированию $Fe_{\text{эн}}$ этими элементами от адсорбированного кислорода.

Стандартная теплота адсорбции (Q^0) зависит от температуры (T) согласно следующему уравнению [10]:

$$Q^0 = ae^{\frac{b}{T}}, \quad (36)$$

где a , b – константы; e – основание натурального логарифма, $e = 2,72$.

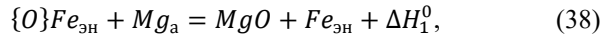
Температурам T_1 и T_2 соответствуют стандартные теплоты адсорбции Q_1^0 и Q_2^0 . Исходя из уравнения (36), имеем следующее расчетное уравнение:

$$Q_2^0 = Q_1^0 e^{\frac{T_1 - T_2}{T_2}}. \quad (37)$$

При $T_1 = 298$ К стандартная теплота адсорбции атомов кислорода на железе $Q_1^0 = 570$ кДж/моль [10]. Тогда, при средней температуре модифицирования УЛС $T_2 = 1800$ К, $Q_2^0 = 255$ кДж/моль. Это означает, что стандартная энтальпия адсорбции атомов кислорода на $Fe_{эн}$ (ΔH^0), при температуре 1800 К, равна -255 кДж/моль.

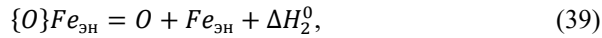
Магний, кальций, барий не растворяются в жидком железе и не взаимодействуют с ним [5]. Поэтому термодинамическая активность Mg , Ca , Ba в УЛС максимальна, равна единице. Тогда для термодинамического расчета реакций рафинирования $Fe_{эн}$ от адсорбированного кислорода в качестве основного параметра модифицирования можно выбрать стандартные энтальпии реакций при температуре 1800 К (энтальпии реакций) [12].

Температура кипения (атомизации) магния составляет 1376 К [6]. Поэтому взаимодействие адсорбированного кислорода с магнием в расплавах УЛС происходит по следующей наноструктурной химической реакции [22]:

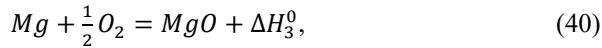


где $\{O\}Fe_{эн}$ – кислород, адсорбированный на $Fe_{эн}$; Mg_a – атомы магния; ΔH_1^0 – энтальпия реакции (38).

Реакцию (38) можно представить как сумму следующих четырех реакций:



где ΔH_2^0 – энтальпия реакции (39), $\Delta H_2^0 = -\Delta H^0 = 255$ кДж/моль;



где ΔH_3^0 – энтальпия реакции (40), равная -735 кДж/моль [13];



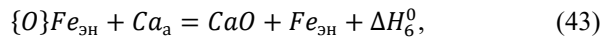
где ΔH_4^0 – энтальпия реакции (41), равная -250 кДж/моль [6];



где ΔH_5^0 – энтальпия реакции (42), равная энтальпии атомизации магния, $\Delta H_5^0 = -148$ кДж/моль [6].

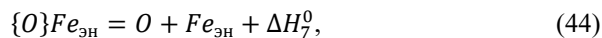
Величина $\Delta H_1^0 = \Delta H_2^0 + \Delta H_3^0 + \Delta H_4^0 + \Delta H_5^0 = -878$ кДж/моль, что значительно меньше нуля. Поэтому в расплавах УЛС магний активно рафинирует $Fe_{эн}$ от адсорбированного кислорода.

Температура кипения (атомизации) кальция составляет 1762 К [6]. Поэтому взаимодействие адсорбированного кислорода с кальцием в расплавах УЛС происходит по следующей наноструктурной химической реакции [22]:

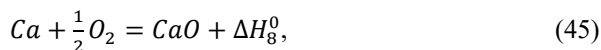


где Ca_a – атомы кальция; ΔH_6^0 – энтальпия реакции (43).

Реакцию (43) можно представить как сумму следующих четырех реакций:



где ΔH_7^0 – энтальпия реакции (44), $\Delta H_7^0 = -\Delta H^0 = 255$ кДж/моль;



где ΔH_8^0 – энтальпия реакции (45), равная -640 кДж/моль [13];



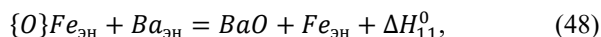
где ΔH_9^0 – энтальпия реакции (46), равная -250 кДж/моль [6];



где ΔH_{10}^0 – энтальпия реакции (47), равная энтальпии атомизации кальция, $\Delta H_{10}^0 = -177$ кДж/моль [6].

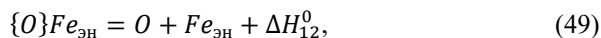
Величина $\Delta H_6^0 = \Delta H_7^0 + \Delta H_8^0 + \Delta H_9^0 + \Delta H_{10}^0 = -812$ кДж/моль, что значительно меньше нуля. Поэтому в расплавах УЛС кальций активно рафинирует $Fe_{э\text{н}}$ от адсорбированного кислорода.

Температура кипения (атомизации) бария равна 1907 К [6]. Поэтому взаимодействие адсорбированного кислорода с барием в расплавах УЛС происходит по следующей наноструктурной химической реакции [22]:

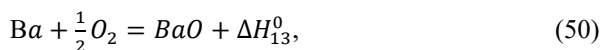


где $Ba_{э\text{н}}$ – элементарные нанокристаллы бария, на которые, в основном, распадаются микрокристаллы бария при плавлении [7]; ΔH_{11}^0 – энтальпия реакции (48).

Реакцию (48) можно представить как сумму следующих четырех реакций:



где ΔH_{12}^0 – энтальпия реакции (49), $\Delta H_{12}^0 = -\Delta H^0 = 255$ кДж/моль;



где ΔH_{13}^0 – энтальпия реакции (50), равная -555 кДж/моль [13];



где ΔH_{14}^0 – энтальпия реакции (51), равная -250 кДж/моль [6];



где ΔH_{15}^0 – энтальпия реакции (52), равная энтальпии плавления бария, $\Delta H_{15}^0 = -8$ кДж/моль [6].

Величина $\Delta H_{11}^0 = \Delta H_{12}^0 + \Delta H_{13}^0 + \Delta H_{14}^0 + \Delta H_{15}^0 = -558$ кДж/моль, что значительно меньше нуля. Поэтому в расплавах УЛС барий активно рафинирует $Fe_{э\text{н}}$ от адсорбированного кислорода.

Магний, кальций, барий активно рафинируют $Fe_{э\text{н}}$ от адсорбированного кислорода в расплавах УЛС, повышая концентрацию ЦК аустенита или δ -фазы при кристаллизации этих сталей. Это способствует получению отливок с

модифицированной первичной структурой. Из *Mg*, *Ca*, *Ba* наиболее сильным модифицирующим элементом УЛС является магний. Сплав алюминия и магния обладает высокой раскисляющей и модифицирующей способностью в УЛС [7, 20].

Выводы

1. Кристаллизация УЛС является наноструктурным процессом, в котором основную роль играют элементарные нанокристаллы железа и графита. Молекулярный и атомарный водород, атомарный кислород являются демодифицирующими элементами кристаллизующихся фаз. Для модифицирования УЛС необходимо уменьшить в расплавах концентрации атомов кислорода и водорода и (или) повысить скорость затвердевания расплавов.

2. Кристаллизация НЛС является наноструктурным процессом, в котором основную роль играют нанокристаллы железа, графита, хрома, никеля, марганца, меди. Атомы водорода и кислорода являются демодифицирующими элементами кристаллизующихся фаз НЛС. Для модифицирования этих сталей необходимо снизить в расплавах концентрации атомов кислорода и водорода.

3. Кристаллизация ВЛС является наноструктурным процессом, в котором основную роль играют нанокристаллы железа, графита, хрома, никеля, марганца и кремния. Атомы водорода и кислорода являются демодифицирующими элементами кристаллизующихся фаз ВЛС. Для модифицирования этих сталей необходимо уменьшить в расплавах концентрации атомов кислорода и водорода.

4. Выполнен термодинамический расчет модифицирования УЛС магнием, кальцием, барием. Механизм модифицирования этими элементами заключается в том, что они рафинируют в расплавах УЛС элементарные нанокристаллы железа от адсорбированных атомов кислорода, повышая концентрацию ЦК микрокристаллов аустенита или δ -фазы при кристаллизации расплавов. Этот процесс способствует модифицированию первичной структуры отливок и слитков УЛС.

Список литературы / References

1. *Стеценко В.Ю., Стеценко А.В.* Кристаллизация и перекристаллизация литейных бинарных сплавов – наноструктурный процесс // Проблемы современной науки и образования. 2025. № 4. С. 11–15.
2. *Стеценко В.Ю.* Наноструктурная кристаллизация основных литейных сплавов // Проблемы современной науки и образования. 2025. № 10. С. 13–21.
3. *Стеценко В.Ю.* Теория наноструктурной кристаллизации металлических расплавов // Проблемы современной науки и образования. 2026. № 2. С. 9–15.
4. *Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спасский В.В.* Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. М.: Машиностроение, 1984. 432 с.
5. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: справочник / Под ред. *О.А. Банных и М.Е. Дрица*. М.: Металлургия, 1986. 440 с.
6. Свойства элементов. Ч. 1. Физические свойства. Справочник. – М.: Металлургия, 1976. – 600 с.
7. *Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Никитин К.В., Стеценко А.В.* Кристаллизация металлов и сплавов: монография. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2025. 192 с.
8. *Захарченко Э.В., Левченко Ю.Н., Горенко В.Г. и др.* Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом. Киев: Наукова думка, 1986. 248 с.
9. *Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Стеценко А.В.* Растворение водорода в металлах и литейных сплавах // Литье и металлургия. 2022. № 3. С. 53–57.
10. Константы взаимодействия металлов с газами: справочник / Под ред. *Б.А. Колачева и Ю.В. Левинского*. М.: Металлургия, 1987. 368 с.
11. *Антонова М.М.* Свойства гидридов металлов: справочник. Киев: Наукова думка, 1975. 128 с.
12. *Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А.* Физическая химия. М.: Металлургия, 2001. 688 с.

13. Физико-химические свойства окислов: справочник / Под ред. Г.В. Самсонова. М.: Металлургия, 1978. 472 с.
14. Линчевский Б.В. Вакуумная металлургия стали и сплавов. М.: Металлургия, 1970. 258 с.
15. Неймарк В.Е. Модифицированный стальной слиток. М.: Металлургия, 1977. 200 с.
16. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Стеценко А.В. О раскислении и модифицировании углеродистой стали // Литье и металлургия. 2022. № 4. С. 24–28.
17. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю. Модифицирование сплавов. Минск: Беларусь. наука, 2009. 192 с.
18. Голубцов В.А., Лунев В.В. Модифицирование стали для отливок и слитков. Челябинск – Запорожье: ЗНТУ, 2009. 356 с.
19. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1990. 522 с.
20. Стеценко В. Ю. Теоретические и технологические основы получения заготовок повышенной износостойкости из силуминов с высокодисперсной инвертированной структурой: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Минск: БНТУ, 2021. 60 с.
21. Справочник химика. Т. 1. Л.: Химия, 1971. 1072 с.
22. Стеценко В.Ю. Теория наноструктурных химических реакций // Проблемы современной науки и образования. 2026. № 4. С. 10–14.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ОПАЛУБКИ ПЕРЕКРЫТИЙ И АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Клиновой В.С.¹, Джугань С.В.², Сысоев М.И.³

¹Клиновой Владимир Сергеевич — директор;

²Джугань Сергей Викторович — директор по производству,

³Сысоев Максим Иванович — главный инженер-конструктор,

Общество с ограниченной ответственностью «Стройдеталь-Кисловодск» (ООО «СДК»),
г. Кисловодск

Аннотация: выполнено сравнительное численное исследование трёх конструктивно различных систем опалубки перекрытия: рамной системы РОП-48 (1,5–2,0), системы на телескопических стойках (3,1) и модульной чашечной системы Сир-Lock (вертикаль 2,0) для плиты перекрытия 10×10 м при высоте до низа палубы 3,3 м. Сформирован единый расчётный случай бетонирования железобетонной плиты толщиной 200 мм. Расчётное внешнее давление на палубу составило 9,3065 кПа; собственный вес каждого комплекта учитывался отдельно.

На основе трёхмерных моделей построены пространственные стержневые конечно-элементные модели с учётом рам, стоек, регулировочных винтов, диагональных связей, четырех уровней ригелей и двух взаимно перпендикулярных рядов балок БДК. Сопоставлены эквивалентные напряжения по Мизесу, вертикальные перемещения, запас до текучести и первый коэффициент линейной потери устойчивости. Экономическая оценка выполнена по стоимости приобретения и нормативной амортизации элементов первого класса. Установлено, что различия первоначальной цены значительно выше различий стоимости одного эксплуатационного цикла, поскольку для всех систем существенную долю затрат составляют общие элементы палубы и балочной решетки.

Ключевые слова: опалубка перекрытий, РОП-48, телескопическая стойка, Cup-Lock, метод конечных элементов (МКЭ).

MODELING THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF MODERN SLAB FORMWORK SYSTEMS AND ANALYSIS OF THE ECONOMIC ASPECTS OF THEIR APPLICATION

Klinovoy V.S.¹, Dzhugan S.V.², Sysoev M.I.³

¹Klinovoy Vladimir Sergeevich — Director,

²Dzhugan Sergey Viktorovich — Production Director,

³Sysoev Maxim Ivanovich — Chief Design Engineer,

“STROYDETAL-KISLOVODSK” LIMITED LIABILITY COMPANY (SDK LLC),
KISLOVODSK

Abstract: A comparative numerical study of three structurally different slab formwork systems was carried out: the ROP-48 frame system (1.5–2.0 m), a system based on telescopic props (3.1 m), and the modular Cup-Lock system with 2.0 m vertical standards. The analysis was performed for a 10 × 10 m floor slab with a height of 3.3 m from the supporting base to the underside of the formwork deck. A unified design case was developed for casting a 200 mm thick reinforced concrete slab. The design external pressure applied to the deck was 9.3065 kPa, while the self-weight of each formwork system was taken into account separately.

Spatial beam finite element models were developed on the basis of three-dimensional assemblies. The models included frames, props, adjustment screws, cross-bracing members, four levels of horizontal ledgers, and two mutually perpendicular layers of BDK beams. The equivalent von Mises stresses, vertical displacements, yield safety factors, and first linear buckling load factors were compared.

The economic assessment was based on the initial purchase cost and the standard depreciation of first-class formwork components. It was established that the differences in the initial purchase prices were significantly greater than the differences in the cost per operating cycle, since the common deck components and beam grids account for a substantial proportion of the total costs in all three systems.

Keywords: slab formwork, ROP-48, telescopic prop, Cup-Lock, finite element method, FEM.

ВВЕДЕНИЕ

В монолитном строительстве применяются различные по конструктивному исполнению системы опалубки перекрытий, включая телескопические стойки (рис. 1а), пространственные стоечно-ригельные системы (рис. 1б) и рамные опорные конструкции (рис. 1в).

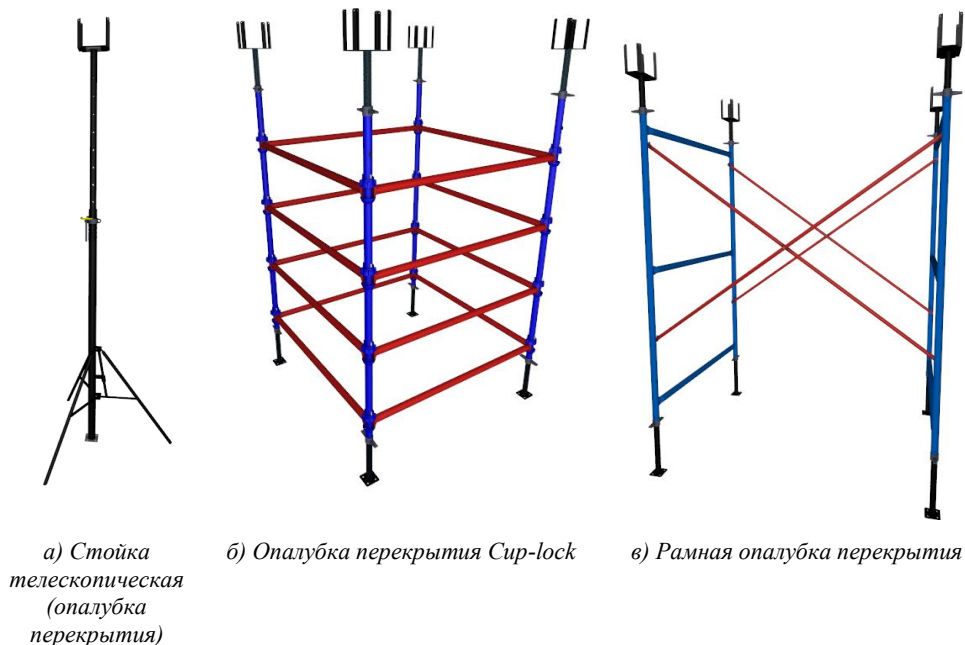


Рис. 1. Наиболее распространённые конструкции опалубки перекрытия.

Выбор рационального варианта определяется совокупностью конструктивно-технологических и экономических факторов, к числу которых относятся высота возводимого этажа, геометрические параметры и масса перекрытия, требуемая интенсивность производства работ, доступность элементов соответствующей номенклатуры, трудоёмкость монтажа и демонтажа, а также стоимость формирования и эксплуатации опалубочного комплекта.

Действующие нормативные документы регламентируют необходимость обеспечения прочности, жёсткости, устойчивости и геометрической неизменяемости опалубочных систем при воздействии совокупности технологических нагрузок, возникающих в процессе бетонирования монолитных перекрытий [1–5]. При этом сопоставление различных конструктивных решений исключительно по задекларированной (паспортной) несущей способности отдельных элементов либо по их первоначальной стоимости комплекта не позволяет объективно оценить фактический характер их работы в составе пространственной системы. Распределение усилий, напряжений и перемещений определяется не только несущей способностью вертикальных опор, но и общей жёсткостью расчётной схемы, количеством и расположением связей, условиями закрепления, геометрической конфигурацией и взаимодействием элементов.

Целью настоящей работы является сравнительное исследование трёх комплектов систем опалубки перекрытий при идентичных размерах расчётной области, высоте установки, граничных условиях и величине внешней нагрузки. Для достижения поставленной цели выполняется моделирование эквивалентных напряжений, суммарных перемещений, коэффициентов запаса прочности и форм потери общей устойчивости на основе метода конечных элементов (МКЭ).

Дополнительно проводится технико-экономическое сопоставление исследуемых вариантов по общей стоимости комплекта, удельной стоимости опалубки на единицу площади перекрытия и расчётной стоимости одного оборота с учётом нормативной оборачиваемости элементов. Такой подход позволяет оценить не только конструктивную надёжность, но и экономическую рациональность применения каждой системы в заданных условиях строительства.

Исследование не направлено на сравнительную оценку отдельных производителей и ограничивается анализом общей пространственной работы систем. Локальные механизмы разрушения резьбовых соединений, пальцев, клиньев, замковых устройств, сварных швов и других узловых элементов в рамках настоящей работы не рассматриваются. Соединения в расчётных моделях принимаются в соответствии с принятой идеализацией, обеспечивающей оценку напряжённо-деформированного состояния и общей устойчивости системы в целом.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕДИНЫЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В исследование включены следующие системы опалубки перекрытия:

- рамная система опалубки перекрытий РОП-48 — 24 рамы, 48 опорных узлов, продольные крестовины (связи) и поперечная жёсткость собственных рам;
- система на 100 телескопических стойках с наружной трубой 60×2,0 мм и внутренней трубой 48×2,5 мм;
- модульная система Cup-Lock — 49 вертикалей 48×3,0 мм, 336 ригелей 40×2,5 мм, образующих четыре пространственных уровня.

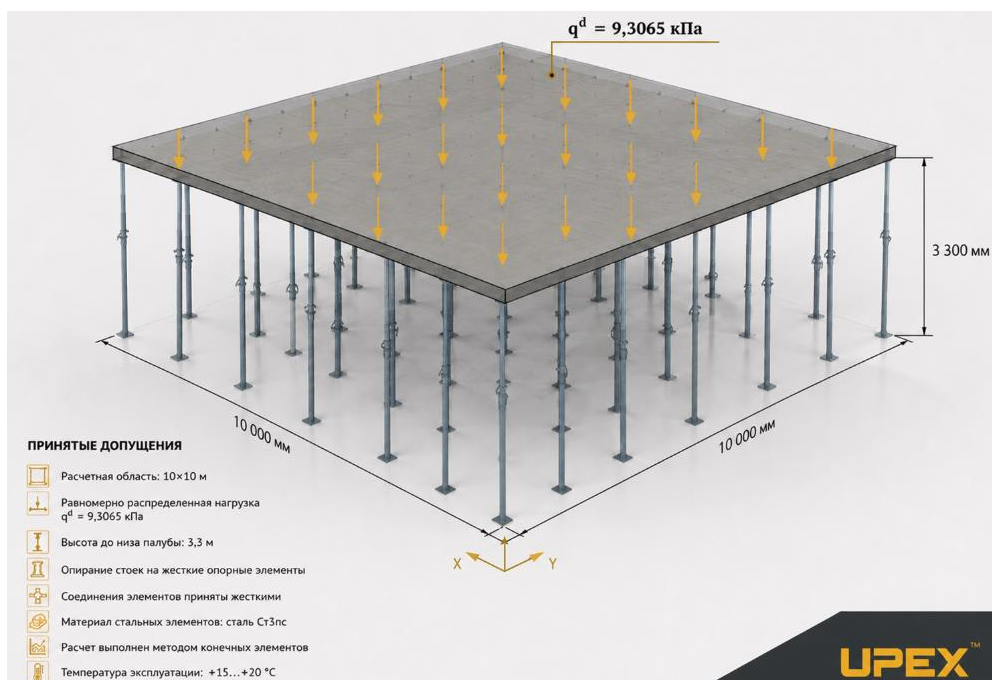


Рис. 2. Единая расчётная область и схема приложения вертикальной нагрузки.



Единые параметры расчетной области



ПАРАМЕТР	ПРИНЯТОЕ ЗНАЧЕНИЕ	ПРИМЕЧАНИЕ
 Размер плиты перекрытия	10×10 м	Полная модель без использования симметрии
 Площадь палубы	100 м²	Одновременное бетонирование всей площади
 Высота этажа	3,30 м	Типовая высота этажа
 Толщина плиты	200 мм	Тяжелый бетон В25 (М350)
 Материал палубы	Фанера ФСФ, 18 мм	Одинаковая для трех систем
 Балочная обрешетка	Два ряда БДК 200 мм	Рациональная раскладка по каждой системе
 Основание	Абсолютно жесткое	Перемещения нижних опорных узлов запрещены

Рис. 3. Единая расчётная область и схема приложения вертикальной нагрузки.

Формирование расчётной нагрузки

Вертикальные нагрузки приняты по обязательному приложению «Д» ГОСТ 34329–2017 и приложению С СП 70.13330.2012 [1, 2]. Приняты следующие исходные данные: толщина перекрытия $h = 0,20$ м; плотность бетонной смеси $\rho_b = 2500$ кг/м³; удельная масса арматуры, отнесённая к объёму бетона, $\rho_a = 100$ кг/м³; площадь палубы $A = 100$ м²; временная нагрузка от людей и транспортных средств $q_t = 250$ кгс/м². Коэффициенты надёжности по нагрузке составляют 1,1 для собственного веса опалубки, 1,2 для бетонной смеси и арматуры и 1,3 для людей, транспорта и сосредоточенных технологических воздействий [1–3].

$$m_b = \rho_b \cdot h = 2500 \cdot 0,2 = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}; q_b = m_b \cdot g = 4,903 \text{ кПа} \quad (1)$$

$$m_a = \rho_a \cdot h = 100 \cdot 0,2 = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}; q_a = m_a \cdot g = 0,196 \text{ кПа} \quad (2)$$

$$q_d = 1,2(q_b + q_a) + 1,3q_t = 1,2(4,903 + 0,196) + 1,3 \cdot 2,452 = 9,3065 \text{ кПа} \quad (3)$$

$$Q_d = q_d \cdot A = 9,3065 \cdot 100 = 930,65 \text{ кН} \approx 94,9 \text{ тс} \quad (4)$$

Таблица 1. Состав расчётной внешней нагрузки.

Расчетная таблица нагрузок				
Сводные нормативные и расчетные значения				
Составляющая	Нормативное значение, кгс/м²	γ_f	Расчетное значение, кгс/м²	Расчетное значение, кПа
 Бетонная смесь	500	1,2	600	5,8840
 Арматура	20	1,2	24	0,2354
 Люди и транспорт	250	1,3	325	3,1872
 Итого	770	—	949	9,3065



Собственный вес элементов включён в расчётный случай гравитационным воздействием (проекция силы тяжести), а полные реакции составили 958,34 кН для РОП-48, 960,82 кН для СТО и 962,29 кН для Cup-Lock. Различие обусловлено массой расчётных схем.

Расчёт выполнялся в линейно-упругой пространственной постановке. В области Ω выполняются уравнения равновесия, геометрические соотношения и закон Гука:

$$\nabla \cdot \sigma + b = 0; \varepsilon = 1/2 (\nabla u + \nabla u^t); \sigma = C : \varepsilon \quad (5)$$

Для прямолинейных трубчатых элементов и балок применена пространственная балочная модель Эйлера–Бернулли с осевой, изгибной и крутильной жёсткостью. Уравнения продольного растяжения-сжатия и поперечного изгиба имеют вид:

$$EA \cdot d^2u/dx^2 + p_x = 0; EI \cdot d^4w/dx^4 = q(x) \quad (6)$$

Фанера рассматривалась как распределительная поверхность. Изгиб тонкой пластины в общем виде описывается уравнением Кирхгофа–Лява:

$$D(w_{xxxx} + 2w_{xyxy} + w_{yyyy}) = q(x,y); D = Eh^3/[12(1 - \nu^2)] \quad (7)$$

После аппроксимации перемещений формируется глобальная система метода конечных элементов

$$K \cdot U = F \quad (8)$$

Эквивалентное напряжение определялось по энергетическому критерию Мизеса:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]/2\}} \quad (9)$$

Запас до начала текучести определялся отношением принятого предела текучести стали к максимальному эквивалентному напряжению:

$$n_y = R_y / \sigma_{eq, max}, \text{ где } R_y \text{ — принятый предел текучести стали} \quad (10)$$

Общая устойчивость оценивалась линейным собственным расчётом с геометрической матрицей жёсткости K_G :

$$(K - \lambda_{cr} \cdot K_G) \cdot \varphi = 0 \quad (11)$$

Первый положительный коэффициент λ_{cr} показывает, во сколько раз должна быть увеличена приложенная расчётная нагрузка для достижения первой бифуркационной формы идеализированной системы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для визуального сопоставления все карты напряжений представлены в общей изометрии и с единой верхней границей цветовой шкалы. Красный цвет соответствует наибольшему уровню напряжений в рассматриваемом наборе моделей.

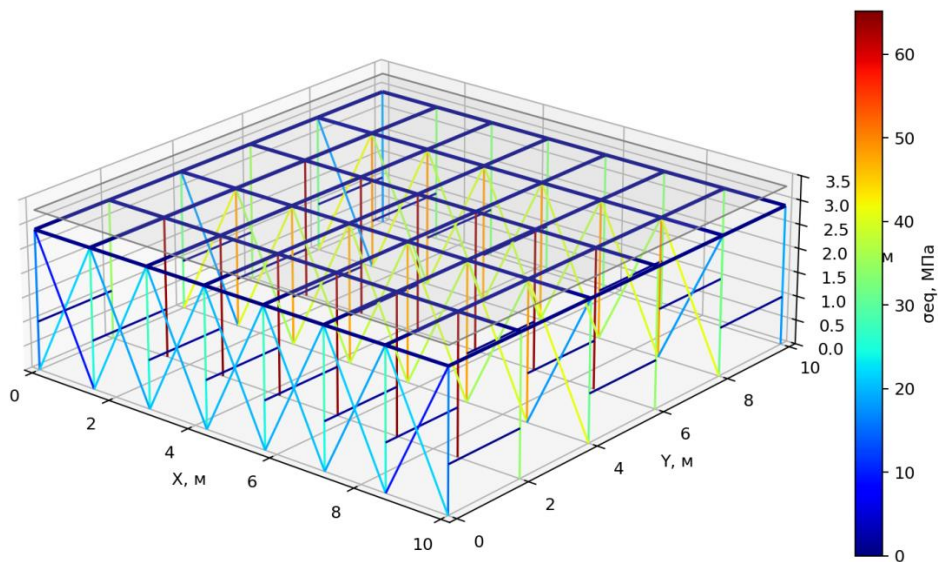


Рис. 4. РОП-48: распределение эквивалентных напряжений по Мизесу при расчётной нагрузке.

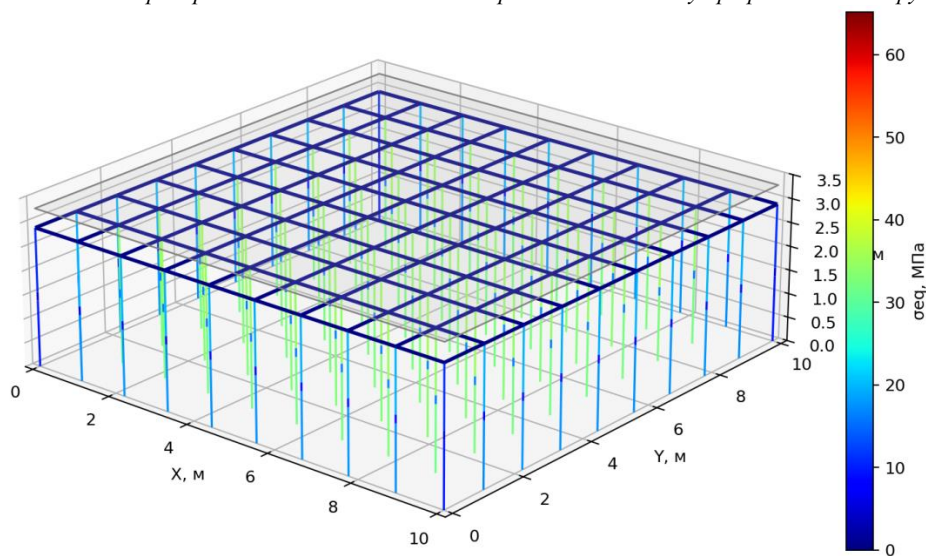


Рис. 5. СТО: распределение эквивалентных напряжений по Мизесу при расчётной нагрузке.

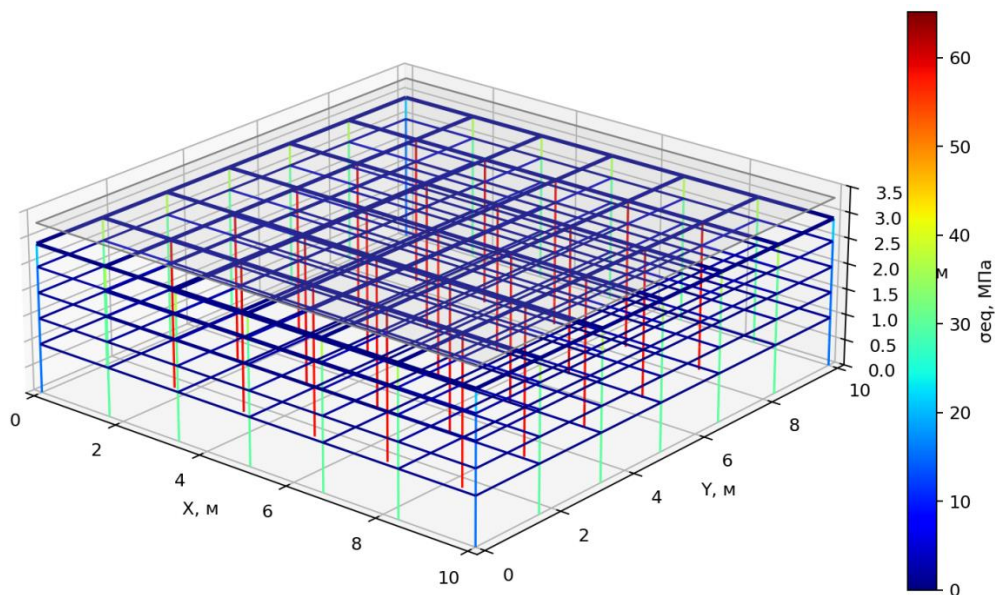


Рис. 6. Сир-Lock: распределение эквивалентных напряжений по Мизесу при расчётной нагрузке.

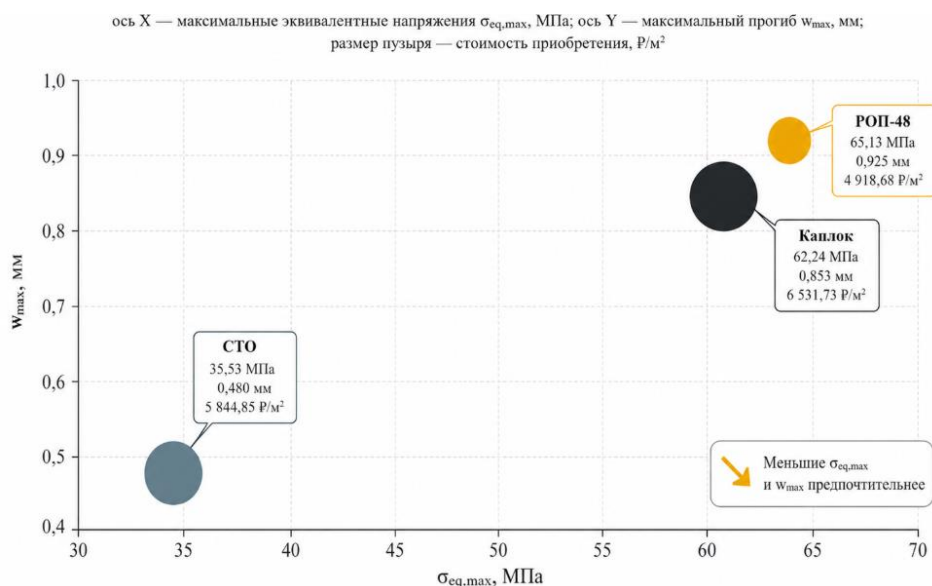


Рис. 7. Сравнение максимальных эквивалентных напряжений, прогиба и стоимости.

Трёхмерные поверхности показывают вертикальные перемещения опорной решетки. Величина w включает деформацию верхней балочной системы. Локальный прогиб фанеры между второстепенными балками в настоящей работе отдельно не исследуется.

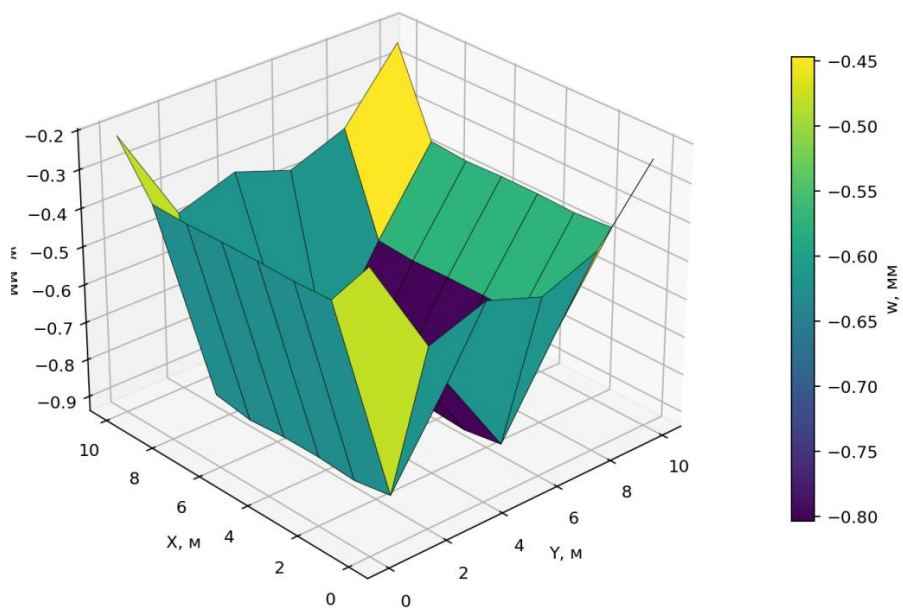


Рис. 8. РОП-48: поле вертикальных перемещений опорной решётки.

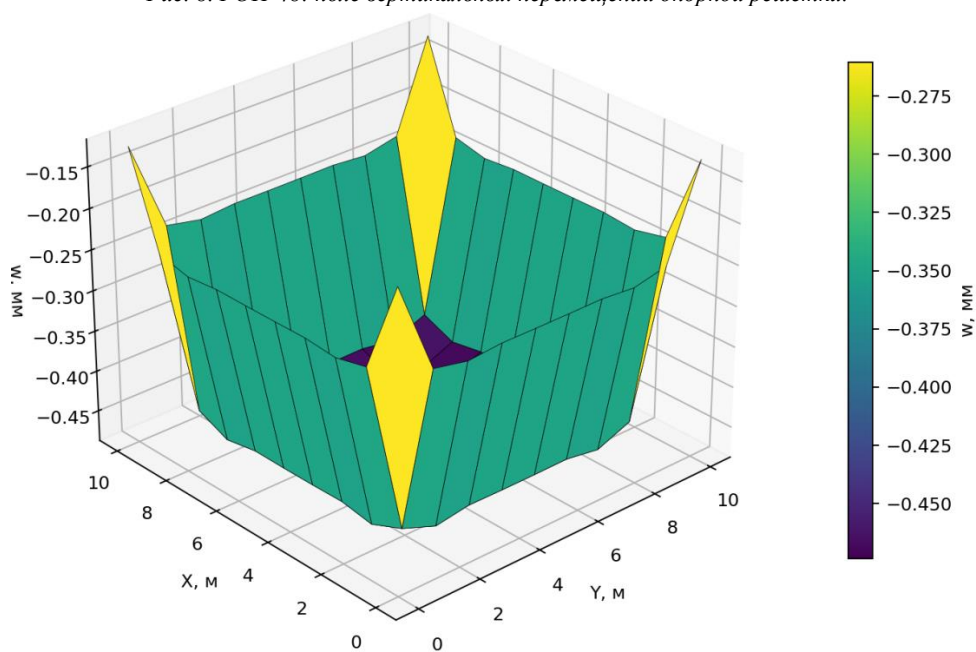


Рис. 9. СТО: поле вертикальных перемещений опорной решётки.

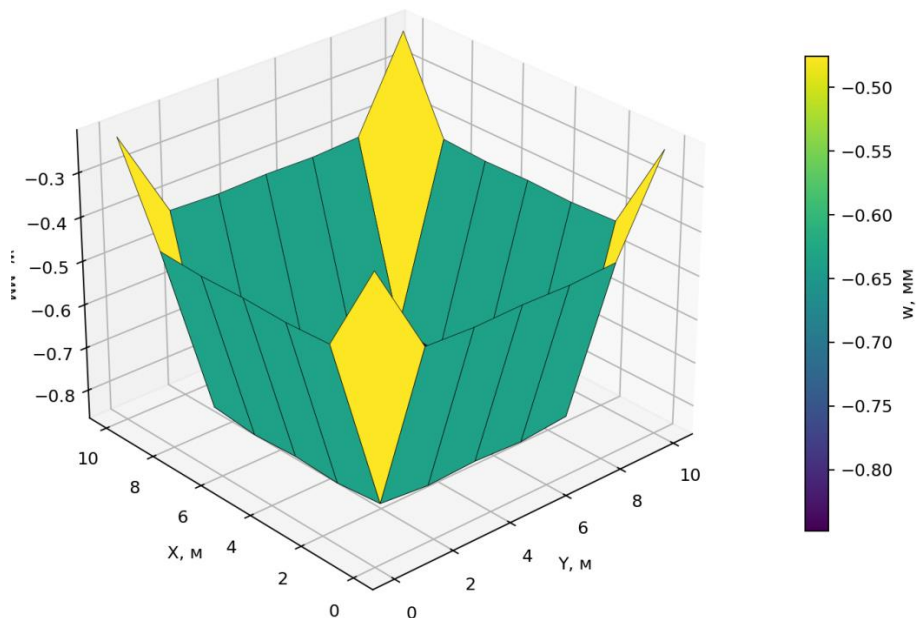


Рис. 10. Cup-Lock: поле вертикальных перемещений опорной решётки.

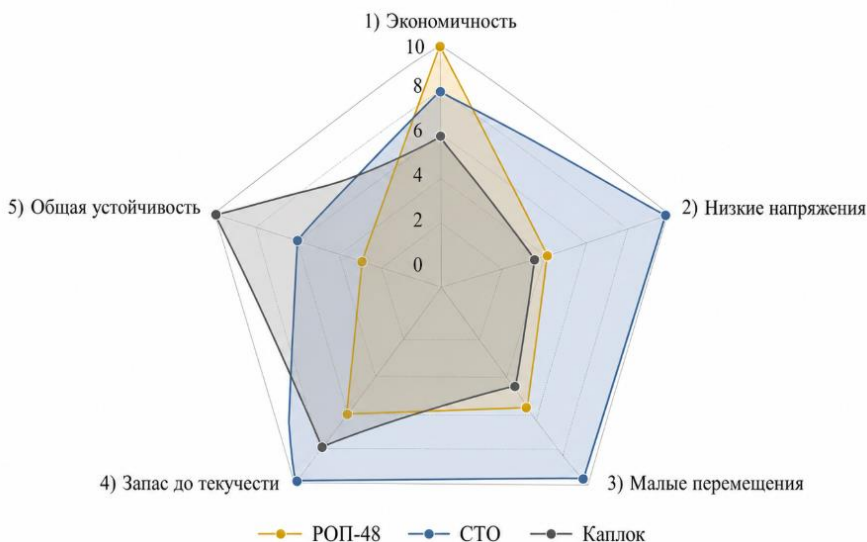


Рис. 11. Сравнение максимальных исследуемых показателей.

Наименьшие перемещения получены для системы на телескопических стойках — 0,480 мм, что связано со 100 точками опирания и наименьшей площадью, воспринимаемой одной стойкой. Значения для каплока и РОП-48 составили соответственно 0,853 и 0,925 мм.

Каплок получил наибольший коэффициент общей устойчивости $\lambda_{сг} = 4,19$. Результат обусловлен совместной пространственной работой вертикалей и четырех уровней ригелей.

Рабочий цикл опалубки состоит из нагружения от собственного веса до состояния полного расчётного давления и последующей разгрузки. Для общего описания циклической долговечности могут использоваться амплитуда и среднее напряжение

$$\sigma_a = \frac{(\sigma_{max} - \sigma_{min})}{2}; \sigma_m = \frac{(\sigma_{max} - \sigma_{min})}{2} \quad (12)$$

$$\sigma_{a.eq} = \frac{\sigma_a}{(1 - \frac{\sigma_m}{\sigma_u})} \quad (13)$$

$$N = C \cdot \sigma_{a.eq}^{-m}; FD = (\sum \frac{n_i}{N_i}) \leq 1 \quad (14)$$

Однако глобальная балочная модель не воспроизводит концентрацию напряжений в отверстиях, резьбе и сварных швах, поэтому абсолютное число усталостных циклов не используется как показатель фактической оборачиваемости. Полученные напряжения подтверждают упругую работу систем, а нормативная экономическая оценка оборачиваемости проводится отдельно по ГОСТ 34329-2017 [1].

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Экономическая часть выполнена по предоставленной комплектовочной ведомости и розничным ценам 2026 г. [14]. Сначала сопоставляется первоначальная стоимость комплектов на 100 м². Затем рассчитывается нормативная амортизационная стоимость одного оборота для опалубки первого класса. По ГОСТ 34329-2017 минимальная оборачиваемость стальных поддерживающих элементов принята 250 оборотов, деревянных поддерживающих элементов — 30 оборотов, фанеры перекрытий — 20 оборотов [1].

$$C_0 = \sum n_i \cdot p_i \quad (15)$$

$$C_{ам,1} = \frac{C_{ст}}{250} + \frac{C_{БДК}}{30} + \frac{C_{ФАН}}{20} \quad (16)$$

$$C_{ам,1} \text{ м}^2 = C_{ам,1} / A, \text{ где } A \text{ площадь палубы.} \quad (17)$$

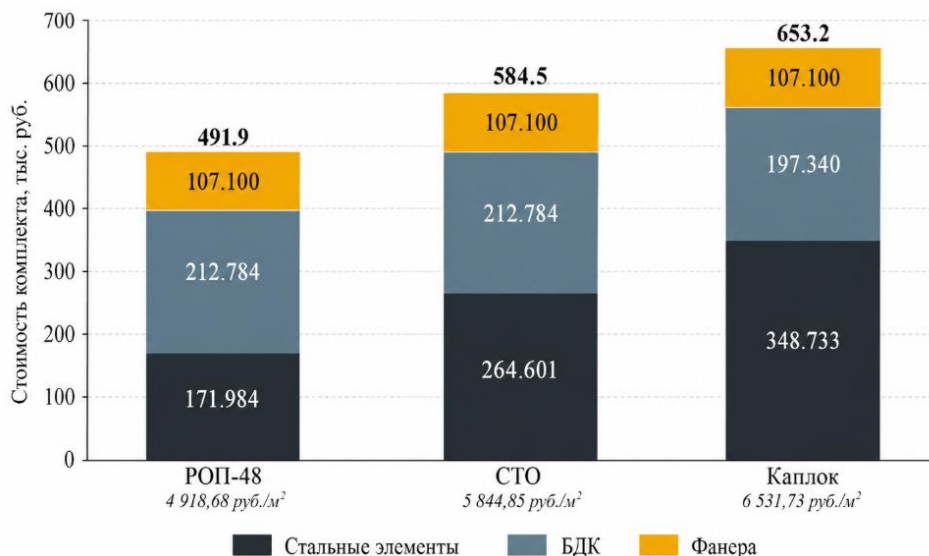


Рис. 12. Структура первоначальной стоимости комплектов на 100 м².

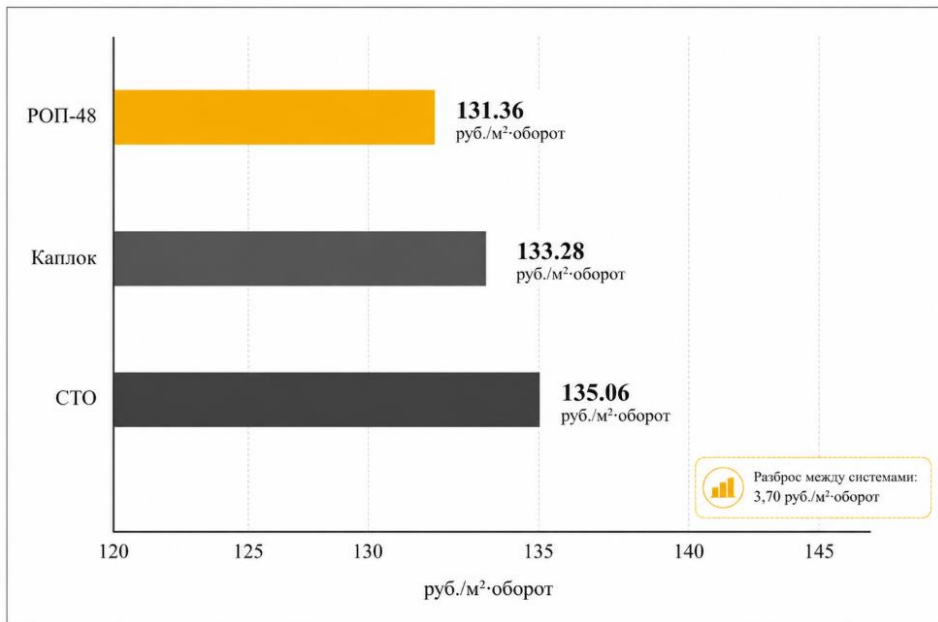


Рис. 13. Нормативная амортизационная стоимость одного оборота на 1 м².

Первоначальная стоимость РОП-48 ниже стоимости СТО на 92 617 руб. и каплока на 161 305 руб. При переходе к нормативной стоимости одного оборота различия сокращаются: 131,36 руб./м²·оборот для РОП-48, 133,28 руб./м²·оборот для каплока и 135,06 руб./м²·оборот для СТО. Причина — одинаковая фанера и близкое количество балок БДК, имеющих меньшую нормативную обрачиваемость и формирующих основную долю стоимости одного оборота.

Полная совокупная стоимость применения должна дополнительно включать монтаж, демонтаж, перемещение по объекту, транспортировку, хранение и ремонт:

$$\sum_c (n) = C_0 + n(C_{\text{монт}} + C_{\text{дем}} + C_{\text{лог}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{хр}}) \quad (18)$$

Эти затраты не включены в численное сравнение, поскольку зависят от конкретной строительной площадки, организации труда и транспортной схемы. Поэтому экономические выводы настоящей работы относятся к первоначальной цене и нормативной амортизации оборудования.

РОП-48					СТО					Каплок				
Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.	Группа	Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.	Группа	Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.	Группа
РОП 48 (2,0-1,5)	24	3 135	75 240	Основные несущие элементы	Стойка телескопическая 3,1	100	1 488	148 800	Основные несущие элементы	Вертикаль 2,0; чашки через 0,5 м	49	1 458	71 442	Основные несущие элементы
КС-25/2,5 (2,0-2,4), L=2000	24	777	18 648	Основные несущие элементы	Тренога	100	538	53 800	Основные несущие элементы	Ригель 1,5	336	588	197 568	Основные несущие элементы
ВО-40×3,5/1000 (120/П4)	48	716	34 368	Основные несущие элементы	Унивилка СТО	249	249	62 001	Основные несущие элементы	ВО-40×3,5/1000 (120/П4)	49	716	35 084	Основные несущие элементы
УВ-40×3,5/1000 (П15)	48	911	43 728	Основные несущие элементы	Балка БДК 3,3 м	124	1 716	212 784	Перекрытия, второстепенные элементы	УВ-40×3,5/1000 (П15)	49	911	44 639	Основные несущие элементы
Балка БДК 3,3 м	124	1 716	212 784	Перекрытия, второстепенные элементы	Фанера ФСФ 18 мм	34	3 150	107 100	Палуба	Балка БДК 3,3 м	115	1 716	197 340	Перекрытия, второстепенные элементы
Фанера ФСФ 18 мм	34	3 150	107 100	Палуба						Фанера ФСФ 18 мм	34	3 150	107 100	Палуба
Итого			491 868		Итого			584 485		Итого			653 173	

Рис. 14. Сводная комплектовочная ведомость для палубы площадью 100 м².

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Система на телескопических стойках показала минимальные напряжения и перемещения. Данный результат объясняется не повышенной пространственной жёсткостью, а количеством опор: на каждую из 100 стоек приходится приблизительно вдвое меньшая вертикальная реакция, чем на опоры РОП-48 и каплока.

Каплок показал лучший коэффициент общей устойчивости. Четыре уровня ригелей формируют пространственную решетку и сокращают свободную длину вертикалей. При этом запас до текучести остается ниже, чем у СТО, так как число вертикалей 49 штук. Этот результат подтверждает необходимость раздельного анализа прочности материала и устойчивости системы.

РОП-48 занимает промежуточное положение по напряжениям и деформативности, но имеет минимальную цену приобретения и минимальную нормативную амортизационную стоимость одного оборота. Пространственная жёсткость обеспечивается совместной работой двухстоечных рам и крестовых связей.

Ни одна система не является безусловно лучшей по всем критериям. Телескопические стойки рациональны при приоритете минимальных напряжений и простой поэлементной компоновки; каплок — при приоритете пространственной устойчивости и геометрической неизменяемости; РОП-48 — при необходимости снизить первоначальные капитальные затраты и стоимость одного оборота при сохранении достаточного запаса прочности.

ВЫВОДЫ

1. Разработана и реализована единая методика многокритериального сопоставления полных комплектов опалубки перекрытий, основанная на пространственном конечно-элементном моделировании при идентичных размерах расчётной области, граничных условиях и нагрузке. Принципиальной особенностью методики является раздельная оценка прочности материала, деформации, общей устойчивости и экономической эффективности, что исключает подмену одного критерия другим.

2. В принятой линейно-упругой идеализации все исследованные системы сохраняют упругий характер работы: коэффициент запаса до текучести изменяется от 3,76 до 6,90, а первый коэффициент линейной потери устойчивости — от 2,27 до 4,19.

3. Для системы на телескопических стойках установлены минимальные эквивалентные напряжения 35,53 МПа и вертикальное перемещение 0,480 мм. Определяющим фактором является не пространственное раскрепление, а распределение нагрузки между 100 отдельными опорами, вследствие чего реакция и

площадь палубы, приходящиеся на одну стойку, приблизительно вдвое меньше, чем в системах РОП-48 и Cup-Lock.

4. Модульная система Cup-Lock показала наибольший коэффициент общей устойчивости $\lambda_{ст} = 4,19$, что на 35,6 % превышает результат системы СТО и на 84,6 % — результат РОП-48. Установленная закономерность обусловлена совместной работой вертикалей и четырёх пространственных уровней ригелей, сокращающих свободную длину стоек и формирующих геометрически неизменяемую расчётную схему.

5. Рамная система РОП-48 при максимальном напряжении 65,13 МПа и вертикальном перемещении 0,925 мм занимает промежуточное положение по показателям напряженно-деформированного состояния. Совместная работа двухстоечных рам и крестовых связей обеспечивает коэффициент запаса до текучести 3,76 и коэффициент общей устойчивости 2,27, то есть в принятой расчётной постановке система сохраняет необходимый резерв прочности и устойчивости.

6. Практический результат исследования состоит в формировании обоснованной области рационального применения систем: СТО предпочтительна при приоритете небольших высот, минимальных напряжений и перемещений; Cup-Lock — при повышенных требованиях к общей пространственной устойчивости; РОП-48 — при ограничении высот до 18 м и первоначальных капитальных затрат и стоимости одного оборота. Полученные выводы относятся к общей работе идеализированных пространственных схем; дальнейшее развитие исследования должно включать нелинейное моделирование податливости узлов, монтажных несовершенств, локальных зон резбовых и сварных соединений и экспериментальную верификацию расчётных моделей.

Список литературы / References

1. ГОСТ 34329–2017. Опалубка. Общие технические условия [Электронный ресурс]. — URL: <https://protect.gost.ru/gost/details/4a482012-e431-4880-a065-c7d71e61b67b> (дата обращения: 23.07.2026).
2. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01–87 (с изменениями № 1, 3–7) [Электронный ресурс]. — URL: <https://protect.gost.ru/sp/details/2239acf1-711f-4f1f-aaa7-902fa06a8a60> (дата обращения: 23.07.2026).
3. СП 371.1325800.2017. Опалубка. Правила проектирования [Электронный ресурс]. — URL: <https://protect.gost.ru/sp/details/fd9b51f4-921b-4d3c-a2fb-eef918db063b> (дата обращения: 23.07.2026).
4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85* (с изменениями № 1–6) [Электронный ресурс]. — URL: <https://protect.gost.ru/sp/details/bac9e1fe-45f1-401b-8e32-949f4ee27821> (дата обращения: 23.07.2026).
5. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23–81* (с изменениями № 1–6) [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456069588> (дата обращения: 23.07.2026).
6. ГОСТ 380–2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки (с изменением № 1 и поправкой) [Электронный ресурс]. — URL: <https://protect.gost.ru/gost/details/6c99c390-1cc9-44d5-84c3-f9c1276df24f> (дата обращения: 23.07.2026).
7. ГОСТ 26633–2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия (с изменением № 1) [Электронный ресурс]. — URL: <https://protect.gost.ru/gost/details/b9da3cd9-2fb4-4473-9553-3979ad6be453> (дата обращения: 23.07.2026).

8. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25–80 (с изменениями № 1–4) [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456082589> (дата обращения: 23.07.2026).
9. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Zhu J.Z. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. 7th ed. Oxford: Elsevier, 2013. 756 p.
10. Bathe K.-J. Finite Element Procedures. 2nd ed. Watertown, MA: K.-J. Bathe, 2014. 1065 p.
11. Timoshenko S.P., Gere J.M. Theory of Elastic Stability. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1961. 541 p.
12. Cook R.D., Malkus D.S., Plesha M.E., Witt R.J. Concepts and Applications of Finite Element Analysis. 4th ed. New York: Wiley, 2001. 736 p.
13. Miner M.A. Cumulative damage in fatigue // Journal of Applied Mechanics. 1945. Vol. 12. No. 3. P. A159–A164.
14. Комплектующая ведомость и розничный прайс-лист систем РОП-48, СТО и Cup-Lock на площадь 100 м². ООО «Стройдеталь-Кисловодск». Кисловодск, 2026.
15. UPEX: системы строительной опалубки от производителя [Электронный ресурс]. — URL: <https://upex.pro/> (дата обращения: 23.07.2026).

«ИНСТРУМЕНТ КАК НОСИТЕЛЬ ПУТИ» : ФИЛОСОФСКИЙ СМЫСЛ И КУЛЬТУРНАЯ ЛОГИКА ТЕХНОЛОГИЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ — МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ОСНОВЕ ТРАДИЦИОННЫХ КИТАЙСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О «СОТВОРЕНИИ ВЕЩЕЙ»

Тянь Ж.

*Тянь Жишэн – специалист технических наук, инженер высшей категории,
Инженерно-учебный центр, Цзянсукий океанический университет,
г. Ляньюньган Китайская Народная Республика*

Аннотация: спецобработка — передовая технология, использующая немеханические виды энергии (свет, электричество, звук, химию) вместо механического резания. С середины XX века она преобразила производство, однако философский анализ её глубинной логики остаётся редкостью. Опираясь на принцип «орудие несёт Дао», статья исследует культурный смысл спецобработки через даосские категории: недеяние, мягкое побеждает твёрдое, Дао следует естественности, гармония при сохранении различий. Показан парадигмальный сдвиг — от «покорения силой» к «диалогу полей», означающий поворот в технологическом мышлении и философии творения вещей.

Ключевые слова: орудие несёт Дао, технологии специальной (спец-)обработки, философский смысл, культурная логика, междисциплинарная интерпретация.

THE TOOL AS VESSEL OF THE DAO": THE PHILOSOPHICAL MEANING AND CULTURAL LOGIC OF SPECIAL PROCESSING TECHNOLOGIES — AN INTERDISCIPLINARY INTERPRETATION BASED ON TRADITIONAL CHINESE CONCEPTIONS OF "THE CREATION OF THINGS"

Tian R.

*Tian Risheng – specialist in technical sciences, senior-grade engineer,
ENGINEERING TRAINING CENTER, JIANGSU OCEAN UNIVERSITY,
LIANYUNGANG, PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA*

Abstract: Special processing is an advanced technology that employs non-mechanical forms of energy (light, electricity, sound, chemistry) rather than mechanical cutting. Since the mid-twentieth century it has transformed manufacturing, yet philosophical analysis of its underlying logic remains rare. Drawing on the principle that "the tool carries the Dao," this article examines the cultural meaning of special processing through Daoist categories: non-action (wu wei), the soft overcomes the hard, the Dao follows what is natural (ziran), and harmony amid difference. It reveals a paradigmatic shift — from "conquest by force" to "dialogue between fields" — signifying a turning point in technological thinking and in the philosophy of the creation of things.

Keywords: the tool as vessel of the Dao, special processing technologies, philosophical meaning, cultural logic, interdisciplinary interpretation.

Постановка проблемы и значение исследования. Технология никогда не была ценностно-нейтральным инструментом. От хайдеггеровского вопрошания о сущности техники до генеалогии идей в традиционной китайской философии, выраженной

формулой «мастерство восходит к Дао», — техника и человеческое общество всегда находились в сложном взаимодействии. В машиностроении специальная обработка (Special/Non-traditional Machining) как передовая технология, использующая немеханические виды энергии (световую, электрическую, звуковую, химическую, тепловую и др.) для удаления материала вместо традиционного механического резания, с середины XX века существенно изменила облик современного производства [15; 20]. Однако, существующая литература по технологиям специальной обработки почти целиком сосредоточена на техническом уровне — оптимизации технологических параметров, разработке оборудования и расширении сферы применения, — тогда как рассмотрение внутренней логики этой технической системы с философской и культурной точек зрения встречается крайне редко.

Благодаря таким техническим преимуществам, как «бесконтактность», «высокая гибкость» и «высокая эффективность», технологии специальной обработки стали основным средством изготовления сложных по своим характеристикам деталей и прецизионного производства, получив даже название «универсального инструмента обработки» [5, с. 38]. В таких передовых областях, как аэрокосмическая техника, микроэлектроника и биомедицина, современная специальная обработка расширилась до таких перспективных направлений, как микро- и нанообработка, обработка на атомном и близком к атомному масштабе [2]. Между тем научные дискуссии о технологиях специальной обработки практически полностью остаются в плоскости технических показателей — параметров процесса, качества поверхности, эффективности обработки [22; 26], — оставляя без внимания глубинный философский смысл и культурную ценность, скрытые за этой технической системой.

В то же время традиционная китайская культурная концепция «орудие несёт Дао» предлагает уникальный интеллектуальный ресурс для нового осмысления современной технологии. Понятие «орудие несёт Дао» восходит к классическому положению из «Си цы чжуань» («Комментария к гексаграммам Ицзина») «Книги перемен» («Чжоу и»): «то, что превыше форм, называется Дао; то, что заключено в форму, называется орудием», — и подчёркивает, что конкретный предмет-орудие несёт в себе трансцендентную духовную ценность и культурный смысл [12; 16; 24]. Эта мысль получила полное развитие в таких древних технических трактатах, как «Записки об исследовании ремесел» («Као гун цзи») и «Раскрытие природных вещей, явленных небом» («Тянь гун кай у»), составив основу самобытной китайской философии творения вещей. Современные учёные плодотворно разрабатывали идею «орудие несёт Дао» применительно к керамическому орнаменту, культурной символике, предметам культуры царства Чу и другим областям [10; 13; 14; 19], однако попытки вступить в диалог между этими интеллектуальными ресурсами и технологиями специальной обработки до сих пор отсутствуют.

Технологии специальной обработки как передовой способ производства, в основе которого лежит управление энергетическими полями, обнаруживают потенциальную глубинную структурную аналогию между своей технической логикой и традиционной философией творения вещей: бесконтактная обработка созвучна даосскому технологическому воззрению «недеяния»; гибкое воздействие энергетического поля перекликается с философским положением «предельно мягкое побеждает предельно твёрдое»; прецизионная обработка на микро- и наномасштабе воплощает представление о порядке в духе «Дао следует естественности»; а обработка с синергией множественных энергетических полей являет культурную мудрость «гармонии при сохранении различий». Исходя из этого, настоящая статья предпринимает попытку поместить технологии специальной обработки в контекст традиционной китайской философии и развернуть междисциплинарный диалог, исследуя культурную логику и философский смысл, стоящие за их технологической парадигмой.

Философский смысл «орудие несёт Дао». Понятие «орудие несёт Дао» восходит к тезису из «Си цы чжуань» («Комментария к гексаграммам Ицзина») к «Чжоу и» («Книге перемен»): «то, что превыше формы, называется Дао; то, что облечено в форму, называется орудием». Это положение заложило основу различения абстрактного начала и конкретной вещи в древнекитайской философии. Ван Фучжи в трактате «Чжоу и вай чжуань» («Внешний комментарий к Чжоу и») далее указывал, что «в Поднебесной есть лишь орудия», подчёркивая, что Дао не существует само по себе, в отрыве от вещей, а заключено внутри них и что орудие есть конкретное проявление Дао [9, с. 192]. Такое понимание преодолевает упрощённое противопоставление Дао и орудия, формируя диалектическое отношение их «взаимного восполнения» [25, с. 2].

С точки зрения философии техники, понятие «орудие несёт Дао» включает три уровня содержания.

Во-первых, материальность орудия служит носителем Дао. Подобно тому как керамика выступает «орудием, несущим Дао доисторической китайской цивилизации», она является одновременно техническим предметным медиумом и носителем культурной преемственности [10, с. 27].

Во-вторых, форма орудия включает в себе социально-этические представления и космологическое воззрение. Бронзовые сосуды эпох Шан и Чжоу «отражают структурные особенности иерархической системы рабовладельческого общества периода Шан-Чжоу», а через орнамент «отображают представления о жизни и смерти, космологические воззрения и культурную специфику эпохи Шан» [24, с. 57].

В-третьих, процесс изготовления орудия воплощает духовное стремление, выраженное формулой «мастерство восходит к Дао». Чжэн Мяньмянь обобщила эволюцию представлений о технических предметах формулой «мастерство несёт Дао», понимая её как гармонию техники и правил, единство Дао и орудия [23, с. 37].

В современном контексте концепция «орудие несёт Дао» демонстрирует значительную объяснительную силу. Сюй Цзяньюнь на примере керамического ремесла обосновала «механизм совместных инноваций» и путь «оживления генетического кода ремесла» в русле философской концепции «орудие несёт Дао» в условиях технологического развития [19, с.151]. Сунь Тинъюй и другие в исследовании предметов культуры царства Чу выстроили педагогическую систему, основанную на взаимной интерпретации «орудие — письменность/культура — Дао», раскрыв этическое начало «различения рангов» и космологическое воззрение «гармонии Неба и человека», заключённые в формах традиционных предметов [14, с.95]. Эти исследования показывают, что не остаётся абстрактным тезисом, зафиксированным в классических текстах, а представляет собой теоретическую рамку, обладающую реальной преобразующей силой.

Техническое содержание и система классификации специальной обработки. Специальная обработка (Special Machining), или, иначе, нетрадиционная обработка (Non-traditional Machining), — это обобщающее название технологий обработки материала заготовки, в которых не используется механическая сила или механическая энергия. В таких технологиях применяются иные формы энергии: световая, электрическая, звуковая, химическая, тепловая, электрохимическая и др. [20; 26].

По сравнению с традиционной обработкой резанием специальная обработка характеризуется рядом особенностей:

Бесконтактность. Между инструментом и заготовкой нет прямого механического контакта, благодаря чему исключается влияние силы резания и теплоты резания на качество обработки.

Высокая адаптивность к материалам. Технология не ограничена по критерию твёрдости обрабатываемого материала, что позволяет работать с труднообрабатываемыми материалами — сверхтвёрдыми сплавами, композитами, керамикой, стеклом и др.

Высокая точность обработки. Возможно удаление материала и контроль формы на микронном, нанометровом и даже атомном уровне.

Гибкость и управляемость процесса. За счёт регулирования параметров энергетического поля удаётся реализовать высокоуправляемый процесс обработки.

Систему классификации специальной обработки можно построить на основе форм используемой энергии. Выделяют следующие основные категории:

Лазерная обработка (Laser Machining). Технология использует лазерный луч высокой плотности энергии для резки, прошивки отверстий, сварки и поверхностной обработки материалов. Благодаря таким преимуществам, как бесконтактность, высокая гибкость, эффективность, качество обработки и энергосбережение, лазерные технологии широко применяются в прецизионном производстве [5, с. 37].

Электроэрозионная обработка (Electrical Discharge Machining, EDM). Удаление металла происходит за счёт высокой температуры, возникающей при импульсном пробойном разряде между электродом-инструментом и заготовкой. Технология особенно эффективна при обработке труднообрабатываемых материалов, например кераматричных композитов на основе карбида кремния [22, с. 199].

Ультразвуковая обработка (Ultrasonic Machining). Микроудаление твёрдых и хрупких материалов осуществляется с помощью абразивной суспензии, приводимой в движение ультразвуковыми колебаниями. Технология получила широкое распространение при прецизионной обработке сложных криволинейных поверхностей и композитных материалов [3; 22].

Электрохимическая обработка (Electrochemical Machining, ECM). Формообразование металлических материалов реализуется на основе принципа анодного растворения. Современные исследования (в том числе работы Чжу Ди и соавторов) демонстрируют прогресс в таких направлениях, как управление импульсным током и обработка с малым межэлектродным зазором [26, с. 330].

Электронно-лучевая (Electron Beam Machining) и ионно-лучевая обработка (Ion Beam Machining). Прецизионная обработка на наноуровне выполняется с использованием высокоскоростных пучков частиц в вакуумных условиях [21, с. 50].

В совокупности эти технологии образуют семейство методов специальной обработки. В теории передового авиакосмического производства специальная обработка — наряду с формообразующим производством, а также микро- и нанообработкой — рассматривается как одна из ключевых составляющих современной системы высокотехнологичного производства [2, с. 223].

Философско-технологический смысл традиционной китайской ремесленной мысли. Философско-технологический смысл традиционной китайской ремесленной мысли восходит к периоду до династии Цинь. В «Као гун цзи» («Записках об исследовании ремесел») утверждается: «Небо имеет свои сроки, земля — свои свойства, материал — свою красоту, мастер — своё искусство; лишь при соединении этих четырёх начал возможно создать доброкачественную вещь». Это положение органично объединяет небесные сроки, земные свойства, красоту материала и мастерство ремесленника, составляя основной каркас традиционной китайской мысли о творении вещей [18, с. 148]. Оно подчёркивает, что техническая деятельность есть не покорение природы, а согласованное единство с природными условиями, что воплощает философскую позицию «единства Неба и человека».

Сун Инсин в трактате «Тянь гун кай у» («Раскрытие природных вещей, явленных небом») поднял эту мысль на новую высоту. Само название «Тянь гун кай у» несёт в себе глубокий философский смысл: «天工» (небесный труд, мастерство) означает силы природы, а «开物» (раскрытие, сотворение вещей) — деятельность человека, и лишь их соединение способно порождать все вещи [1, с. 123]. Такое технологическое воззрение «сотрудничества Неба и человека» разительно контрастирует с механистическим взглядом на природу, свойственным западной традиции, где

природа рассматривается как объект покорения. Системное исследование традиционных китайских ремёсел, проведённое Хуа Цзюэмином, показывает, что на протяжении долгого исторического периода китайская цивилизация выработала самобытный способ технического познания, подчёркивающий единство «свершения дел» и «раскрытия вещей» в процессе технического созидания [23, с. 37].

В современном контексте, где переплетаются глобализация и цифровизация, вопросы технологической этики и культурной идентичности приобретают всё большую остроту. Ма Хунся и Чжу Дэцюань, отталкиваясь от понятия «орудие несёт Дао», проанализировали напряжение между инструментальной и ценностной рациональностью в эпоху искусственного интеллекта и выдвинули тезис о необходимости «посредством инструментальной рациональности продвигать путь становления человека, а посредством гуманитарной рациональности возвращать многомерную жизнь» [12, с. 42]. Управленческая рамка «взаимного восполнения Дао и орудия» (道器相济), предложенная Чжу Чжитином и Ду Жо, указывает далее, что с точки зрения «должного в ценностном отношении» применение технологий должно корениться в китайской философской мудрости «Дао управляет орудием, орудие несёт Дао» (道以御器, 器以载道) [25, с. 2]. Эти исследования предоставляют важный теоретический ориентир для понимания культурно-философского значения технологий специальной обработки.

«Недеяние»: даосская мудрость бесконтактной обработки. Одна из наиболее ярких технических особенностей специальной обработки — её бесконтактность: задача решается без прямого физического контакта между инструментом и заготовкой.

При лазерной обработке лазерный луч, движущийся со скоростью света, пронизывает пространство и за предельно короткое время достигает поверхности заготовки, вызывая испарение или плавление материала. Так реализуется бесконтактная передача высокой энергии [5]. При электроэрозионной обработке материал удаляется за счёт мгновенной высокой температуры, возникающей при импульсном разряде, — при этом между электродом-инструментом и электродом-заготовкой сохраняется разрядный промежуток. В электронно-лучевой обработке поток электронов, сфокусированный электромагнитным полем в вакуумной среде, непосредственно бомбардирует поверхность заготовки. Такой бесконтактный способ обработки принципиально ломает логику механического противостояния «твёрдое против твёрдого», характерного для традиционного резания.

С точки зрения даосской философии подобный подход обнаруживает глубокий резонанс с идеей Лао-цзы о «недеянии» (无为而治). В «Дао дэ цзин» сказано: «Предельно мягкое в Поднебесной подчиняет себе предельно твёрдое в Поднебесной» (天下之至柔驰骋天下之至坚). Эта фраза подчёркивает диалектическую мудрость: мягкое и слабое способно побеждать твёрдое и сильное. В контексте специальной обработки лазерный луч предстаёт как «предельно мягкое» начало — это лишённая вещественности энергия, чистый свет, не имеющий твёрдости материального лезвия. Тем не менее он способен разрезать самые твёрдые сплавы и керамические материалы. Технический путь, при котором вещественное орудие заменяется невещественной энергией, можно рассматривать как современное воплощение принципа бесконтактности — и одновременно как технологическую интерпретацию даосского парадокса о победе мягкого над твёрдым. Исследования подтверждают, что благодаря бесконтактной природе лазерная обработка отличается простотой управления и высокой гибкостью [5].

«Мягкое побеждает твёрдое»: культурная метафора обработки сверхтвёрдых материалов. Специальная обработка преодолевает врождённый барьер, свойственный традиционной обработке резанием и обусловленный механическими свойствами материала. Как указывает «теория обобщённого производства»,

ультрапрецизионная специальная обработка уже стала важной составной частью системы современных производственных технологий [15, с. 87]. Применительно к труднообрабатываемым материалам чрезвычайно высокой твёрдости, таким как керамоматричные композиты на основе карбида кремния, методы специальной обработки (лазерная, абразивно-струйная гидрообработка, электроэрозионная и др.) демонстрируют преимущества в адаптивности и точности, значительно превосходящие традиционное шлифование [22]. Аналогичным образом при обработке композитов C/SiC такие специальные методы, как электроэрозионная и гидроабразивная обработка, доказали свою эффективность как средства прецизионной обработки [8].

Логика традиционной обработки резанием — «покорение твёрдого твёрдым»: твёрдость материала инструмента должна превышать твёрдость материала заготовки, только тогда возможно резание. Это мышление «покорения силой» отражает логику подчинения объекта субъектом, свойственную механистическому взгляду на природу в новоевропейской западной традиции. В противоположность ему специальная обработка избирает стратегию «мягкое побеждает твёрдое»: она не стремится к повышению твёрдости инструмента, а изменяет сам способ энергетического воздействия, реализуя удаление материала посредством «мягких» видов энергии — тепловой (лазер), электрической (электроэрозия), химической (электрохимическая обработка), звуковой (ультразвуковая обработка) и др.

Исследование У Даньдани и Ван Яньчжуна, посвящённое культурным символам фарфора, раскрывает, что «длительное взаимодействие технологии, эстетики и институтов формирует символическую природу понятия "орудие несёт Дао"» [16, с. 143]. Применяя этот вывод к специальной обработке, можно обнаружить: когда её технологии используются для обработки нефрита, фарфора, стекла и других традиционных ремесленных материалов, они фактически продолжают культурную миссию «орудие несёт Дао». Тёплая гладкость нефрита, тонкость фарфора, подобная крылу цапки, — эти эстетические идеалы, к которым стремились создатели традиционных китайских предметов, могут быть в совершенстве воплощены лишь в прецизионном энергетическом поле специальной обработки. Специальная обработка, таким образом, становится не просто техническим средством, а современным носителем эстетического идеала, заложенного в традиционном китайском понятии «орудие несёт Дао».

«Дао следует естественности»: философия порядка в прецизионной обработке. Ещё одна важная характеристика специальной обработки — чрезвычайно высокая точность. Лазерная обработка позволяет фокусировать луч до пятна размером в несколько десятков микрон, электронно-лучевая достигает нанометровой точности, а ионно-лучевая способна удалять материал даже на атомном уровне. Это предельное стремление к точности представляет собой не только прорыв в инженерных технологиях, но и современную интерпретацию философского положения «Дао следует естественности».

Лао-цзы говорит: «Дао рождает одно, одно рождает два, два рожают три, три рожают все вещи». Точность и гармония космического порядка — вечный идеал, к которому стремится человечество. Цель прецизионной обработки — достижение точного контроля формы материала на предельно малых масштабах — есть техническое воплощение стремления к этому космическому порядку. Непрерывное повышение точности обработки означает всё более глубокое понимание человеком микроструктуры материального мира, всё более совершенное овладение законами природы.

Примечательно, что точность специальной обработки достигается не простым приложением большей силы, а посредством точной регулировки энергетического поля. При аддитивном производстве методом селективного лазерного плавления грамотное проектирование «стратегии сканирования» напрямую влияет на «структуру

и механические свойства» сплава [12, с. 43]. При электрохимической обработке управление такими параметрами, как напряжение, сила тока и скорость потока электролита, позволяет добиться равномерного удаления материала на атомном уровне [26]. В применениях комплексной многополевой обработки сложных криволинейных поверхностей ультразвуковая вибрационно-ассистированная обработка, лазерная обработка и электроэрозионная обработка демонстрируют способность к точному регулированию шероховатости поверхности и точности обработки [17; 21]. Такое «точное регулирование энергии» вместо «грубого приложения механической силы» воплощает уважение технологии к природному порядку и следование ему — технология предстаёт перед природой не в облике «покорителя», а в облике «собеседника», вступающего в тонкое взаимодействие с материальным миром.

«Гармония при сохранении различий»: совместная обработка с использованием множества форм энергии. Ещё одна важная особенность семейства технологий специальной обработки — комплексное применение различных форм энергии. В реальном инженерном производстве и в передовом авиакосмическом секторе гибридные процессы — такие как комбинированная электроэрозионно-электрохимическая обработка, ультразвуковая вибрационно-ассистированная электрохимическая обработка, а также комбинированная лазерно-электрохимическая обработка — находятся на переднем крае технологических исследований [2]. Систематический обзор У. Шуцзин и соавторов, посвящённый высокопроизводительной многополевой обработке сложных криволинейных поверхностей, дополнительно демонстрирует благоприятный эффект совместного применения ультразвуковой, лазерной, электроэрозионной и других методов при изготовлении сложных деталей [17]. Такая технологическая стратегия «гармонии при сохранении различий» в значительной степени согласуется с философской идеей китайской культуры «гармония порождает вещи».

В «Го юй. Чжэн юй» («Речах царств. Речах царства Чжэн») сказано: «Гармония порождает вещи, единообразие же не даёт продолжения» (和实生物，同则不继). Китайская культурная традиция подчёркивает ценность гармоничного единства различных начал, а не механического повторения единственного. В контексте специальной обработки разные формы энергии обладают собственными преимуществами и ограничениями: лазерная обработка оптимальна для быстрой резки и поверхностной обработки, электроэрозионная — эффективна при формообразовании сложных полостей, ультразвуковая — имеет особые преимущества при прошивке микроотверстий в твёрдых и хрупких материалах [3, с. 23]. При органичном объединении этих методов в единую комплексную систему преимущества каждого из них раскрываются в полной мере, а присущие им ограничения — эффективно компенсируются.

Сюн Чэнся и Пань Чансюэ в исследовании традиционного творения вещей раскрывают, что «непрерывный круговорот между содержанием формы, эстетической техникой и духовной направленностью составляет целостную систему культуры творения вещей китайской цивилизации» [18, с.148]. Применяя эту аналитическую рамку к специальной обработке, можно увидеть: совместная обработка с использованием разных форм энергии — это не только способ повышения технической эффективности, но и современное воплощение философской мудрости «гармонии при сохранении различий». Разные формы энергии, подобно разнородным культурным началам, вступают в гармоничное взаимодействие и совместно создают эффект обработки, недостижимый при использовании лишь одной формы энергии.

Заключение. Настоящая статья, принимая понятие «орудие несёт Дао» в качестве теоретической отправной точки, провела системное междисциплинарное исследование технологий специальной обработки с философской и культурной точек

зрения. Исследование показывает, что эти технологии — не просто инженерное обновление инструментария: за их технологической парадигмой скрывается глубокий философский поворот и определённая культурная логика.

На уровне философии техники специальная обработка, заменяя механическое силовое воздействие воздействием энергетического поля, знаменует переход от модели покорения «твёрдое покоряет твёрдое» к диалогической модели «мягкое побеждает твёрдое». Бесконтактная обработка воплощает даосскую технологическую мудрость «недеяния»; обработка сверхтвёрдых материалов переключается с положением «предельно мягкое побеждает предельно твёрдое»; микро- и нанопрецизионная обработка выражает стремление к порядку в духе принципа «Дао следует естественности»; а совместная многополевая обработка раскрывает культурную мудрость «гармонии при сохранении различий». Эти философские черты — не результат искусственной интерпретации, привнесённой исследователями, а естественное проявление структурной аналогии между внутренней логикой технологий специальной обработки и традиционной китайской мыслью о творении вещей.

На практическом уровне значение проведённого исследования состоит в том, что развитие современных производственных технологий не должно ограничиваться стремлением исключительно к инженерным показателям эффективности и точности. Не менее важно учитывать внутреннюю связь технологической деятельности с природным порядком, этическими ценностями и культурной традицией. «Гибкое технологическое воззрение», демонстрируемое технологиями специальной обработки, — замена покорения механической силой диалогом энергетических полей, замена грубого вмешательства точной регулировкой, замена наложения единственной силы синергией множества энергетических полей — задаёт важный практический ориентир для гуманитарного поворота в развитии современных производственных технологий.

Список литературы / References

1. 曹天生 中国宣纸传统制作工艺之“传统”探析[J]. 自然辩证法研究, 2012, 28 (05): 122-126
2. 丁文锋, 万年, 赵彪, 傅玉仙, 徐九华 航空航天先进制造理论与技术研究现状及趋势[J]. 航空学报, 2025, 46 (06): 223-259
3. 房善想, 赵慧玲, 张勤俭 超声加工技术的应用现状及其发展趋势[J]. 机械工程学报, 2017, 53 (19): 22-32
4. 冯小萍, 周映聪 当下批驳语境中“文以载道”的图像化叙事研究[J]. 名家名作, 2024 (21): 91-93
5. 顾俊 激光加工技术及产业的现状与应用发展趋势[J]. 金属加工(热加工), 2020 (10): 37-42+47
6. 贾玉树 我装备故我在——装备哲学的理性基础[J]. 工程研究—跨学科视野中的工程, 2021, 13 (06): 521-532
7. 纪玉山, 代栓平, 杨秉瑜, 程娜, 王璐... 发展新质生产力 推动我国经济高质量发展[J]. 工业技术经济, 2024, 43 (02): 3-28
8. 焦告文, 陈水, 左彬 C/SiC 复合材料的制备及加工技术研究进展[J]. 航空材料学报, 2021, 41 (01): 19-34
9. 李曦珍, 李金桃 陶器华夏史前文明的载道之器[J]. 青海社会科学, 2018 (06): 191-202
10. 酆全民 中国传统技术的认知特征及其当代价值[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2014, 46 (01): 27-32+151
11. 吕村 万物皆媒抑或下高交器物文化的传播价值研究[J]. 中州大学学报, 2020, 37 (06): 68-72
12. 马霄霞, 朱德全 器以载道与学以成人: 智能化时代教学价值的逻辑理路[J]. 中国电化教育, 2020 (04): 42-50
13. 聂凯 器以载道——传统陶瓷纹样在现代设计中的转化应用研究[J]. 江苏陶瓷, 2025, 58(06): 60-61+63
14. 孙婷瑜, 肖磊 器以载道——楚系器物纹样融入艺术设计专业课程的多模态教学改革实践研究[J]. 美术文獻, 2025 (09): 94-96
15. 王先遑 广义制造[J]. 机械工程学报, 2003 (10): 86-94

16. 吴丹丹, 王延中. 中华民族典型文化符号的生成机理与共享机制研究——以“瓷”为例[J]. 新疆社会科学(汉文版), 2025 (05): 140-149
17. 吴淑晶, 王大中, 谷硕全, 黄帅, 董国军, 郭国强... 多种能源高性能加工复杂曲面关键技术研究进展[J]. 机械工程学报, 2024, 60 (09): 152-167
18. 熊承霞, 潘长学. 造物进化与文化原型的关系互证——以中国传统造物为例[J]. 武汉理工大学学报(社会科学版), 2021, 34 (06): 148-155
19. 徐江云. “器以载道”传统造物理念在科技赋能下的可行转化路径浅析[J]. 陶瓷研究, 2025, 40(05): 151-153
20. 杨叔子, 吴波. 先进制造技术及其发展趋势[J]. 机械工程学报, 2003 (10): 73-78
21. 杨彦寿, 李自鹏, 黄志伟. 特种加工技术在微小孔加工中的应用[J]. 黄河流域职业技术大学学报, 2010, 22 (01): 49-51
22. 张修峰, 邵国栋, 刘传成, 史振宇, 邹斌, 王继来... 碳化硅陶瓷基复合材料常用的特种加工技术综述[J]. 机械工程学报, 2023, 59 (01): 199-218
23. 郑勉勉. 技以载道, 文质彬彬——谈器物艺术的技术、功能与形式[J]. 美术教育研究, 2013 (20): 37
24. 周洋. 殷墟青铜器器型与纹饰文化属性研究[J]. 艺术科技, 2025, 38(17): 57-59
25. 祝智庭, 杜若. 道器相济: 教育数字化智慧治理的系统框架与事理研究[J]. 中国电化教育, 2026 (01): 1-12
26. 朱荻, 房晓龙, 王登勇, 沈春健. 电化学制造新进展[J]. 机械工程学报, 2023, 59 (19): 330-347

ФОРМИРОВАНИЕ У ЧЕТВЕРОКЛАССНИКОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВСЕМИРНОМ КУЛЬТУРНОМ НАСЛЕДИИ ВО ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Олейник С.Д.

*Олейник Софья Дмитриевна – студент,
кафедра дошкольного, начального и дефектологического образования,
Вятский государственный университет ВятГУ,
г. Киров*

Аннотация: в статье представлены результаты внеурочной работы по развитию у четвероклассников представлений о всемирном культурном наследии. Представлены результаты первичного и повторного исследования представлений, проведен количественный и качественный анализ.

Ключевые слова: Всемирное культурное наследие, школьники, внеурочная деятельность, объект, четвероклассники.

DEVELOPING FOURTH-GRADERS' UNDERSTANDING OF WORLD CULTURAL HERITAGE THROUGH EXTRACURRICULAR ACTIVITIES

Oleynik S.D.

*Oleynik Sofya Dmitrievna - student
DEPARTMENT OF PRESCHOOL, PRIMARY, AND DEFECTOLOGICAL EDUCATION,
VYATKA STATE UNIVERSITY,
KIROV*

Abstract: The article presents the results of extracurricular activities aimed at developing fourth-graders' understanding of world cultural heritage. It reports the findings of the initial and follow-up studies of students' perceptions, including both quantitative and qualitative analysis.

Keywords: world cultural heritage, schoolchildren, extracurricular activities, object, fourth-graders.

УДК 331.225.3

Сохранение культурного наследия отнесено сегодня к числу приоритетов государственной политики в сфере образования. Федеральный государственный образовательный стандарт начального общего образования (далее – ФГОС НОО) устанавливает, что стандарт обеспечивает формирование у обучающихся системных знаний о месте Российской Федерации в мире, ее исторической роли, культурном развитии и вкладе страны в мировое научное наследие, а также сохранение и развитие культурного разнообразия и языкового наследия многонационального народа Российской Федерации. Стандарт ориентирован на ознакомление обучающихся с доступными для них сторонами многообразного цивилизационного наследия России и на расширение представлений об историческом и социальном опыте разных поколений россиян.

Организационный механизм Конвенции образует учрежденный при ЮНЕСКО Межправительственный комитет по охране культурного и природного наследия всеобщего выдающегося значения – Комитет всемирного наследия. Комитет

составляет, обновляет и публикует Список всемирного наследия, а также Список всемирного наследия, находящегося под угрозой, куда включаются ценности, которым угрожают серьезные и конкретные опасности: прогрессирующее разрушение, быстрое развитие городов и туризма, стихийные бедствия, опасность вооруженных конфликтов и другие. Структура понятия «всемирное наследие» представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Структура понятия «Всемирное наследие».

Принципиальное значение для педагогического исследования имеет раздел VI Конвенции «Просветительные программы». В соответствии со статьей 27 государства – стороны Конвенции стремятся, применяя все соответствующие средства и, в частности, просветительные и информационные программы, укреплять уважение и привязанность своих народов к культурному и природному наследию, а также обязуются широко информировать общественность об опасностях, грозящих этому наследию. Следовательно, ознакомление обучающихся с объектами всемирного наследия является не только предметной задачей школьного курса, но и способом выполнения принятых государством международных обязательств.

Формирование представлений о культурном наследии носит пропедевтический характер и осуществляется поэтапно. Во 2 классе обучающиеся знакомятся со святынями Москвы – святынями России: Кремлем, Красной площадью, Большим театром – и с отдельными историческими событиями, связанными с Москвой. В 3 классе содержание расширяется за счет тем «Уникальные памятники культуры России, родного края», «Города Золотого кольца России», а также «Страны и народы мира. Памятники природы и культуры – символы стран, в которых они находятся». В 4 классе понятие «объект Всемирного природного и культурного наследия» включается в перечень понятий, в которых обучающийся должен ориентироваться при формировании коммуникативных универсальных учебных действий. Перечень объектов, названных в федеральной рабочей программе в качестве примеров для изучения в 4 классе, приведен в таблице 1.

Таблица 1. Объекты Всемирного наследия, названные в федеральной рабочей программе по окружающему миру для изучения в 4 классе.

Группа объектов по программе	На территории России (в скобках – год включения в Список всемирного наследия)	За рубежом
Объекты Всемирного культурного наследия (раздел «Человек и общество», 6 ч)	Московский Кремль и Красная площадь (1990); Кижский погост (1990); исторические памятники Новгорода и окрестностей (1992)	Великая Китайская стена; Колизей в Риме; Акрополь в Греции
Объекты Всемирного наследия в теме «Природные и культурные объекты Всемирного наследия» (раздел «Человек и природа», 5 ч)	Озеро Байкал (1996); вулканы Камчатки (1996); природная система острова Врангеля (2004); природный парк Ленские столбы (2012)	Остров Пасхи (Чили); Дорога гигантов (Северная Ирландия); бухта Халонг (Вьетнам); национальный парк Тонгариро (Новая Зеландия)

Наибольшие возможности для формирования представлений о Всемирном культурном наследии открывают два направления вариативной части плана. Первое – «Занятия, связанные с реализацией особых интеллектуальных и социокультурных потребностей обучающихся» (3 часа в неделю). Его основной целью названо интеллектуальное и общекультурное развитие обучающихся, удовлетворение их особых познавательных и культурных потребностей и интересов, а основной задачей – формирование ценностного отношения обучающихся к знаниям как залогом их собственного будущего и к культуре в целом как к духовному богатству общества, сохраняющему национальную самобытность народов России. Основными направлениями деятельности выступают занятия по дополнительному или углубленному изучению учебных предметов или модулей, а также занятия в рамках исследовательской и проектной деятельности.

Второе направление – «Занятия, направленные на удовлетворение интересов и потребностей обучающихся в творческом и физическом развитии» (2 часа в неделю). Среди его задач названы раскрытие творческих способностей школьников, формирование у них чувства вкуса и умения ценить прекрасное, формирование ценностного отношения к культуре, а также привитие любви к своему краю, его истории, культуре и природе. Среди организационных форм указаны занятия школьников в объединениях туристско-краеведческой направленности – экскурсии, развитие школьных музеев.

Опытно-экспериментальная работа проводилась на базе Муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения «Гимназия № 46» города Кирова. В исследовании приняли участие 51 обучающийся в возрасте 9–10 лет: 26 обучающихся 4 «В» класса составили экспериментальную группу, 25 обучающихся параллельного четвертого класса – контрольную группу.

Цель опытно-экспериментальной работы – проверить результативность педагогических условий формирования у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии во внеурочной деятельности, сформулированных в гипотезе исследования.

Педагогический эксперимент проводился в три этапа. На констатирующем этапе выявлялся исходный уровень сформированности представлений в обеих группах. На формирующем этапе в экспериментальной группе был реализован цикл внеурочных занятий; в контрольной группе работа велась в рамках учебных занятий по окружающему миру без специально организованной внеурочной деятельности. На

контрольном этапе выявлялась динамика уровня сформированности представлений в обеих группах.

Результаты выполнения каждой диагностики переводились в уровни следующим образом: высокий уровень – 8–10 баллов, средний уровень – 5–7 баллов, низкий уровень – 0–4 балла. Общий уровень сформированности представлений определялся по сумме баллов за три диагностики (максимально 30 баллов): высокий уровень – 24–30 баллов, средний уровень – 15–23 балла, низкий уровень – 0–14 баллов. Индивидуальные результаты обучающихся приведены в приложении А (таблицы А.1 и А.2).

Рассмотрим результаты диагностики 1. Высокий уровень сформированности представлений по когнитивному критерию показали 11,5 % обучающихся экспериментальной группы (3 человека) и 12,0 % обучающихся контрольной группы (3 человека). Эти обучающиеся верно выполнили восемь и более заданий теста: так, Варвара Ж. из экспериментальной группы верно выполнила девять заданий из десяти, Александра Н. из контрольной группы – также девять. Средний уровень показали 50,0 % обучающихся экспериментальной группы (13 человек) и 48,0 % контрольной группы (12 человек): они верно выполнили от пяти до семи заданий, затрудняясь преимущественно в заданиях на назначение Списка всемирного наследия и на указание года включения объекта. Низкий уровень показали 38,5 % обучающихся экспериментальной группы (10 человек) и 40,0 % контрольной группы (10 человек); наименьший результат в экспериментальной группе показал Максим М., верно выполнивший два задания из десяти. Результаты представлены на рисунке 2.

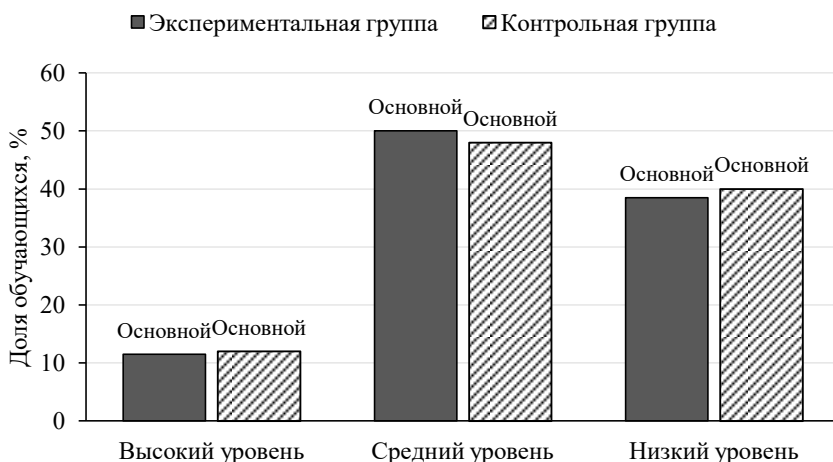


Рис. 2. Уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии по когнитивному критерию на констатирующем этапе педагогического эксперимента (в %).

Результаты диагностики 2 оказались ниже, чем результаты диагностики 1, в обеих группах. Высокий уровень сформированности представлений по деятельностному критерию показали 7,7 % обучающихся экспериментальной группы (2 человека) и 8,0 % контрольной группы (2 человека), средний – 42,3 % (11 человек) и 44,0 % (11 человек), низкий – 50,0 % (13 человек) и 48,0 % (12 человек) соответственно. Половина обучающихся экспериментальной группы не справилась с заданиями на соотнесение объекта со страной и на работу с контурной картой. Результаты представлены на рисунке 3.

По ценностно-мотивационному критерию высокий уровень показали 11,5 % обучающихся экспериментальной группы (3 человека) и 12,0 % контрольной группы (3

человека), средний – 46,2 % (12 человек) и 44,0 % (11 человек), низкий – 42,3 % (11 человек) и 44,0 % (11 человек) соответственно. Результаты представлены на рисунке 4.

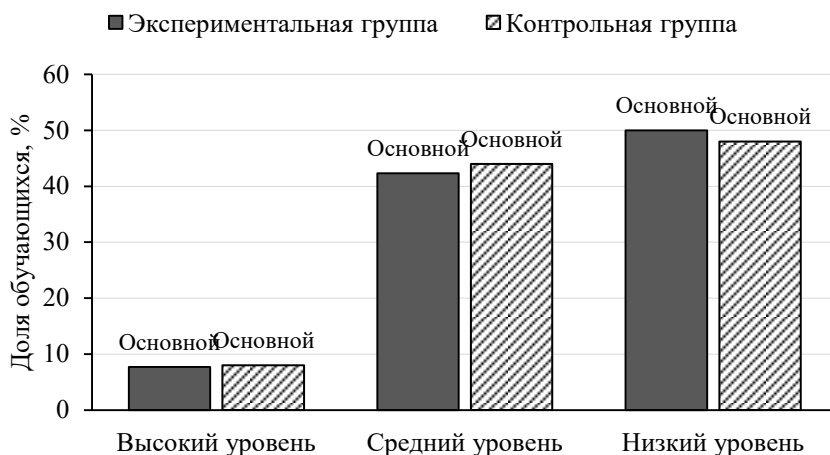


Рис. 3. Уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии по деятельностному критерию на констатирующем этапе педагогического эксперимента (в %).

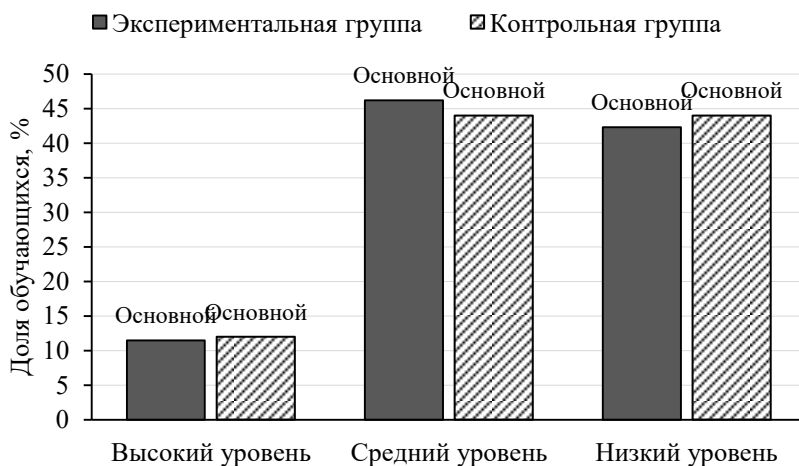


Рис. 4. Уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии по ценностно-мотивационному критерию на констатирующем этапе педагогического эксперимента (в %).

Обобщенные результаты трех диагностик позволяют определить общий уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии на констатирующем этапе. Высокий уровень показали 7,7 % обучающихся экспериментальной группы (2 человека) и 8,0 % обучающихся контрольной группы (2 человека), средний – 50,0 % (13 человек) и 48,0 % (12 человек), низкий – 42,3 % (11 человек) и 44,0 % (11 человек) соответственно. Результаты представлены на рисунке 5.

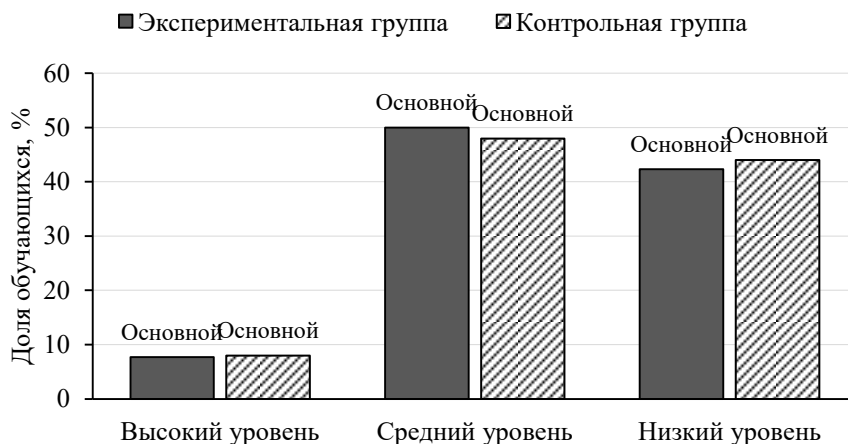


Рис. 5. Общий уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии на констатирующем этапе педагогического эксперимента (в %).

Полученные данные свидетельствуют о том, что уровень сформированности представлений о Всемирном культурном наследии в обеих группах на констатирующем этапе практически одинаков: расхождение долей обучающихся каждого уровня не превышает 1,7 процентного пункта. Это позволяет считать группы сопоставимыми и корректно сравнивать их результаты на контрольном этапе. Преобладание среднего и низкого уровней – в сумме 92,3 % в экспериментальной группе и 92,0 % в контрольной – указывает на необходимость целенаправленной работы по формированию у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии. Наиболее низкие результаты в обеих группах получены по деятельностному критерию, что определило усиление в цикле внеурочных занятий практической работы с картой и формы «Паспорт объекта Всемирного наследия».

После завершения формирующего этапа педагогического эксперимента был проведен контрольный этап. Его цель – выявить динамику уровня сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии и на этом основании сделать вывод о результативности педагогических условий, сформулированных в гипотезе исследования.

Диагностика на контрольном этапе проводилась в обеих группах по тем же критериям, показателям и уровням, что и на констатирующем этапе. Использовались измененные варианты трех диагностик: формулировки заданий и перечень объектов были заменены при сохранении структуры, количества заданий и системы оценивания. Такая замена исключает влияние запоминания заданий констатирующего этапа на результаты.

Рассмотрим результаты диагностики 1 на контрольном этапе. Высокий уровень сформированности представлений по когнитивному критерию показали 34,6 % обучающихся экспериментальной группы (9 человек) и 16,0 % обучающихся контрольной группы (4 человека), средний – 53,8 % (14 человек) и 52,0 % (13 человек), низкий – 11,5 % (3 человека) и 32,0 % (8 человек) соответственно. Наибольший результат в экспериментальной группе показала Варвара Ж., верно выполнившая все десять заданий теста. Обучающиеся экспериментальной группы увереннее указывали годы включения объектов в Список всемирного наследия и назначение Списка всемирного наследия, находящегося под угрозой. Результаты представлены на рисунке 6.



Рис. 6. Уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии по когнитивному критерию на контрольном этапе педагогического эксперимента (в %).

По деятельностному критерию высокий уровень показали 30,8 % обучающихся экспериментальной группы (8 человек) и 12,0 % контрольной группы (3 человека), средний – 53,8 % (14 человек) и 48,0 % (12 человек), низкий – 15,4 % (4 человека) и 40,0 % (10 человек) соответственно. Наиболее заметное изменение произошло именно по этому критерию: доля обучающихся экспериментальной группы с низким уровнем сократилась с 50,0 % до 15,4 %. Результаты представлены на рисунке 7.



Рис. 7. Уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии по деятельностному критерию на контрольном этапе педагогического эксперимента (в %).

По ценностно-мотивационному критерию высокий уровень показали 38,5 % обучающихся экспериментальной группы (10 человек) и 12,0 % контрольной группы (3 человека), средний – 50,0 % (13 человек) и 52,0 % (13 человек), низкий – 11,5 % (3 человека) и 36,0 % (9 человек) соответственно. Результаты представлены на рисунке 8.

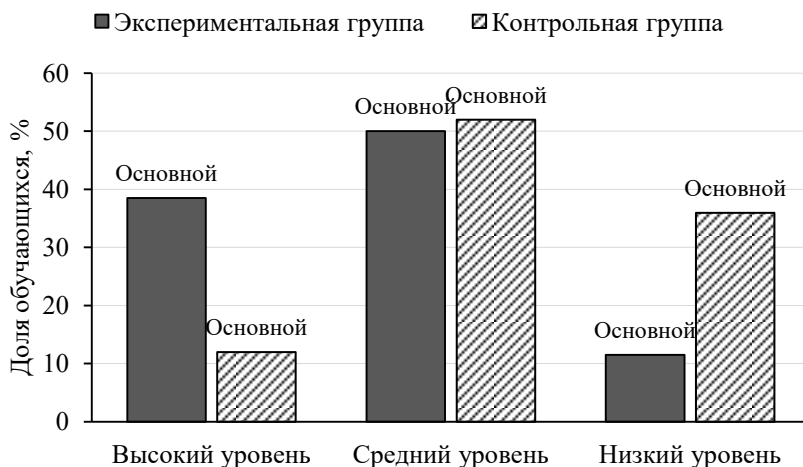


Рис. 8. Уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии по ценностно-мотивационному критерию на контрольном этапе педагогического эксперимента (в %).

Обобщенные результаты трех диагностик позволяют определить общий уровень сформированности представлений на контрольном этапе. Высокий уровень показали 34,6 % обучающихся экспериментальной группы (9 человек) и 12,0 % обучающихся контрольной группы (3 человека), средний – 53,8 % (14 человек) и 52,0 % (13 человек), низкий – 11,5 % (3 человека) и 36,0 % (9 человек) соответственно. Результаты представлены на рисунке 9.

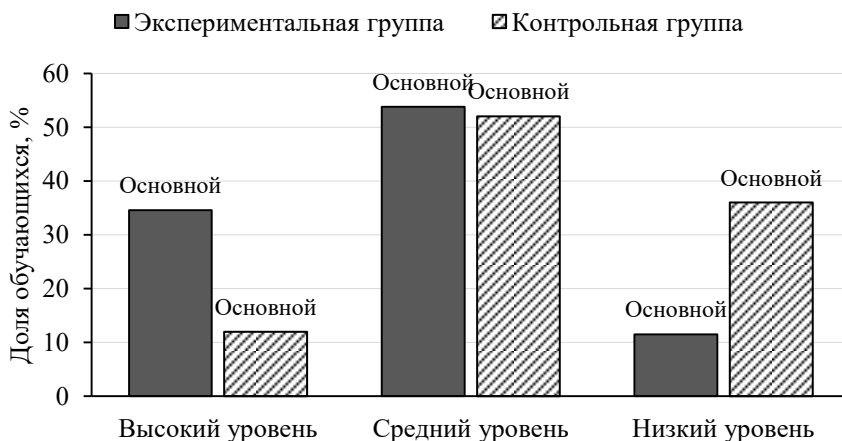


Рис. 9. Общий уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии на контрольном этапе педагогического эксперимента (в %).

Наглядно динамика уровня сформированности представлений в экспериментальной и контрольной группах представлена на рисунке 10.

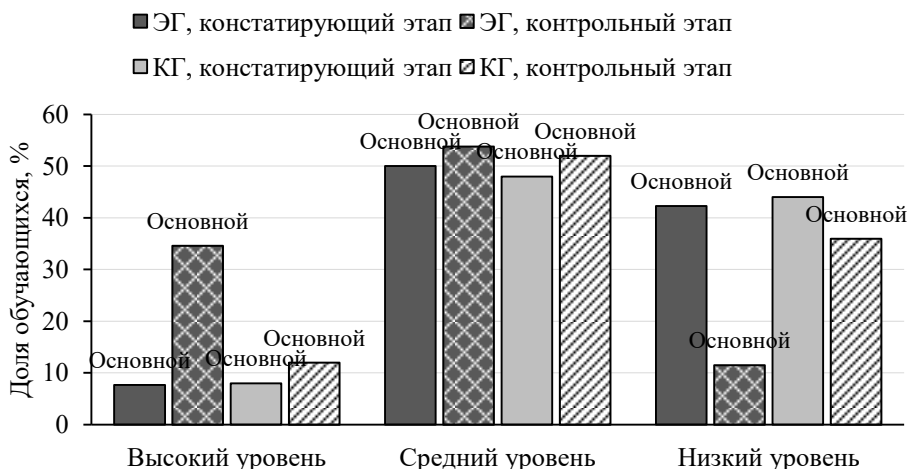


Рис. 10. Уровень сформированности у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии на констатирующем и контрольном этапах педагогического эксперимента (в %).

Полученные данные показывают, что в экспериментальной группе доля обучающихся с высоким уровнем сформированности представлений увеличилась на 26,9 процентного пункта (с 7,7 % до 34,6 %), доля обучающихся со средним уровнем – на 3,8 процентного пункта (с 50,0 % до 53,8 %), а доля обучающихся с низким уровнем сократилась на 30,8 процентного пункта (с 42,3 % до 11,5 %). В контрольной группе изменения оказались существенно меньше: доля обучающихся с высоким уровнем выросла на 4,0 процентного пункта, со средним – на 4,0 процентного пункта, доля обучающихся с низким уровнем сократилась на 8,0 процентного пункта.

Показательным является и число обучающихся, изменивших уровень сформированности представлений. В экспериментальной группе уровень повысился у 15 обучающихся из 26 (57,7 %): семеро перешли с низкого уровня на средний, шестеро – со среднего на высокий, при этом двое обучающихся, показавших высокий уровень уже на констатирующем этапе, сохранили его. В контрольной группе уровень повысился лишь у 3 обучающихся из 25 (12,0 %). Вместе с тем в экспериментальной группе трое обучающихся – Тимофей Г., Максим М. и Иван Р. – остались на низком уровне, хотя их суммарный балл вырос (соответственно с 9 до 12, с 8 до 11 и с 11 до 12 баллов). Это указывает на необходимость дополнительной индивидуальной работы с обучающимися, испытывающими наибольшие затруднения.

Более выраженная положительная динамика в экспериментальной группе при сопоставимости групп на констатирующем этапе позволяет заключить, что педагогические условия, сформулированные в гипотезе исследования, являются результативными: содержание учебного материала внеурочных занятий, отличающееся разнообразием, новизной и глубиной тем по сравнению с содержанием материала уроков окружающего мира, и включение четвероклассников в различные виды деятельности на основе разработанной рабочей тетради «Хранители сокровищ планеты» способствуют формированию у четвероклассников представлений о Всемирном культурном наследии. Таким образом, гипотеза исследования подтверждена.

Список литературы / References

1. Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия: принята 16 нояб. 1972 г. Генеральной конференцией ЮНЕСКО на 17-й сессии в Париже. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/heritage.shtml (дата обращения: 20.08.2026).
2. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федер. закон от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ: (с изм. и доп.). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/18230> (дата обращения: 20.08.2026).
3. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования : приказ Министерства просвещения Рос. Федерации от 31 мая 2021 г. № 286: (зарегистрирован Минюстом России 5 июля 2021 г., рег. № 64100). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050028> (дата обращения: 20.08.2026).
4. Об утверждении федеральной образовательной программы начального общего образования : приказ Министерства просвещения Рос. Федерации от 18 мая 2023 г. № 372: (зарегистрирован Минюстом России 12 июля 2023 г., рег. № 74229). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307130044> (дата обращения: 20.08.2026).
5. О направлении методических рекомендаций : письмо Министерства просвещения Рос. Федерации от 5 июля 2022 г. № ТВ-1290/03: (вместе с «Информационно-методическим письмом об организации внеурочной деятельности в рамках реализации обновленных федеральных государственных образовательных стандартов начального общего и основного общего образования»). URL: https://rulaws.ru/acts/Pismo-Minprosvescheniya-Rossii-ot-05.07.2022-N-TV-1290_03/ (дата обращения: 20.08.2026).
6. Абдуллина Л.Б., Головнева Е.В., Головнева Н.А., Синдикова Г.М. Реализация краеведческого принципа при организации экскурсионной деятельности младших школьников // История и педагогика естествознания. 2022. № 2–3. С. 9–11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-kraevedcheskogo-printsipa-pri-organizatsii-ekskursionnoy-deyatelnosti-mladshih-shkolnikov> (дата обращения: 20.08.2026).

ПРОБЛЕМЫ ВЗЫСКАНИЯ АЛИМЕНТОВ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Новожилова М.А.

*Новожилова Мария Алексеевна - студент,
Тольяттинский государственный университет,
г. Тольятти*

Аннотация: в данной статье рассмотрены актуальные проблемы взыскания алиментов на содержание несовершеннолетних детей в Российской Федерации. Автором последовательно рассмотрены вопросы, касающиеся проблем взыскания алиментов с должников, меры принуждения, а также проанализирована эффективность существующих мер принуждения взыскания алиментов.

Ключевые слова: алименты, взыскание.

PROBLEMS OF ALIMONY COLLECTION IN MODERN RUSSIA

Novozhilova M.A.

*Novozhilova Maria Alekseevna - student,
TOGLIATTI STATE UNIVERSITY,
TOGLIATTI*

Abstract: This article examines current issues of alimony collection for the maintenance of minor children in the Russian Federation. The author consistently examines issues related to alimony collection from debtors, enforcement measures, and analyzes the effectiveness of existing enforcement measures for alimony collection.

Keywords: alimony, collection.

Проблемы взыскания алиментов являются актуальными на протяжении всего периода существования алиментных правоотношений. Алименты являются одним из важнейших механизмов защиты прав несовершеннолетних детей. Государство строго регулирует процесс взыскания алиментов, но не смотря на это, существуют трудности, касающиеся обеспечения взыскания алиментов.

Рассмотрим подробнее проблемы взыскания алиментов. На наш взгляд существуют следующие проблемы:

1. Отсутствие твердой денежной суммы алиментов. Согласно статье 81 Семейного кодекса Российской Федерации при отсутствии соглашения алименты взыскиваются в размере одной четверти заработка или иного дохода на одного ребенка. Размер данных выплат может быть увеличен или уменьшен только судом, в зависимости от обстоятельств.

В современном мире часть работников сталкивается с нестабильным доходом, который зависит, например, от выполненного плана за предыдущий месяц. В случае, если работник получит заработную плату меньшего размера, будет означать, что и выплата алиментов ребенку значительно снизится. Можем сделать вывод, что твердая денежная сумма решит данную проблему, так как размер алиментов должен быть фиксированным.

2. Отсутствие официально закрепленного понятия «злостное уклонение от уплаты алиментов».

Отсутствие понятие «злостное уклонение от уплаты алиментов» не позволяет корректно идентифицировать отсутствие выплаты, так как родитель может уклоняться от выплаты в связи с уважительными причинами. Такой причиной может

стать заболевание, которое требует длительного лечения. В данном случае, следует учитывать длительность нетрудоспособности родителя, который в настоящий момент не может выплачивать алименты на содержание ребенка, следовательно, в таком случае родителя нельзя назвать «злостным» неплательщиком алиментов.

В рассматриваемом случае, прекращение алиментов несовершеннолетнему невозможно, что указывает на необходимость участия государства в выплате алиментов. Необходимо создание определенной системы выплаты алиментов детям, чьи родители в связи с объективной причиной не могут осуществлять выплаты. Такая система обеспечит сохранение прав всех детей на алиментные выплаты.

В целом, комплексное совершенствование Российского законодательства позволит обеспечить надежную защиту прав несовершеннолетних детей на достойное материальное содержание.

Список литературы / References

1. Григорьева Н.В. Алиментные обязательства: основные виды и их особенности / Н.В. Григорьева // Право и государственность. 2026. № 1(10). С. 69-74.
2. Семейный кодекс Российской Федерации: федеральный закон (принят 29 декабря 1995 г. № 223-ФЗ; с изм. и доп. от 15 мая 2026 г.) [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации (www.pravo.gov.ru) (дата обращения: 25.08.2026).

УГОЛОВНО-ПРАВОВОЙ АНАЛИЗ УМЫШЛЕННОГО ПРИЧИНЕНИЯ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ ЧЕЛОВЕКА (СТ. 111, 112, 115 УК РФ)

Кравчук Д.А.

*Кравчук Данил Александрович – студент,
факультет управления, логистики и права,
Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
г. Владивосток*

Аннотация: в статье проводится юридический анализ составов преступлений, предусматривающих ответственность за умышленное причинение вреда здоровью человека. Рассматриваются объективные и субъективные признаки деяний, закреплённых в ст. 111, 112, 115 Уголовного кодекса РФ. Особое внимание уделено проблемам квалификации и разграничения указанных преступлений со смежными составами, такими как убийство, причинение смерти по неосторожности, побои и истязание. Приводятся медицинские критерии определения степени тяжести вреда, а также анализируются квалифицирующие признаки. На основе примеров из судебной практики 2023 года демонстрируются особенности правоприменения. Делается вывод о необходимости дальнейшего совершенствования судебного толкования и повышения качества экспертных заключений.

Ключевые слова: вред здоровью, тяжкий вред, средний вред, лёгкий вред, квалификация преступлений, состав преступления, уголовная ответственность.

CRIMINAL LAW ANALYSIS OF INTENTIONAL INFLICTION OF HARM TO HUMAN HEALTH (ART. 111, 112, 115 OF THE CRIMINAL CODE OF THE RUSSIAN FEDERATION)

Kravchuk D.A.

*Kravchuk Danil Aleksandrovich – Student,
FACULTY OF MANAGEMENT, LOGISTICS AND LAW,
MARITIME STATE UNIVERSITY NAMED AFTER ADMIRAL G.I. NEVELSKOY,
VLADIVOSTOK*

Abstract: *the article provides a legal analysis of the elements of crimes providing for liability for intentional infliction of harm to human health. The objective and subjective signs of acts enshrined in Art. 111, 112, 115 of the Criminal Code of the Russian Federation are considered. Special attention is paid to the problems of qualification and delimitation of these crimes from related offenses, such as murder, causing death by negligence, beatings and torture. Medical criteria for determining the severity of harm are given, as well as qualifying signs are analyzed. Based on examples from judicial practice in 2023, the features of law enforcement are demonstrated. The conclusion is made about the need to further improve judicial interpretation and improve the quality of expert opinions.*

Keywords: *harm to health, serious harm, moderate harm, light harm, qualification of crimes, corpus delicti, criminal liability.*

DOI 10.24412/2304-2338-2026-10903

Охрана здоровья человека является одной из приоритетных задач уголовного законодательства Российской Федерации, что закреплено в ст. 41 Конституции РФ, гарантирующей каждому право на охрану здоровья и медицинскую помощь. Среди преступлений против личности особое место занимают деяния, связанные с умышленным причинением вреда здоровью. Актуальность исследования обусловлена распространённостью данных посягательств и сложностью их отграничения от смежных составов, таких как убийство или причинение смерти по неосторожности.

Общественная опасность преступлений, предусмотренных ст. 111, 112 и 115 УК РФ, заключается в посягательстве на одно из самых ценных благ человека — его здоровье, обеспечивающее нормальную жизнедеятельность. Целью данной работы является проведение комплексного уголовно-правового анализа указанных норм, выявление их конструктивных особенностей и проблем правоприменения. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: исследование исторического развития ответственности за вред здоровью, определение объективных и субъективных признаков составов, анализ квалифицирующих признаков и отграничение от смежных преступлений.

Институт ответственности за причинение вреда здоровью прошёл длительный исторический путь. Первые упоминания встречаются в договорах Руси с Византией: ст. 14 Договора князя Игоря 945 г. предусматривала ответственность за нанесение увечий и побоев. Существенная систематизация произошла в Соборном уложении 1649 года, которое выделяло различные виды телесных повреждений в зависимости от последствий. В Уложении о наказаниях уголовных и исправительных 1845 года уже разграничивались раны, увечья и побои, причём ключевую роль играли видимые последствия деяния. Уголовный кодекс РСФСР 1922 года впервые ввёл трёхступенчатую классификацию вреда здоровью: тяжкий, менее тяжкий и лёгкий. Важным этапом стало принятие Правил судебно-медицинского определения тяжести телесных повреждений 1978 года, которые установили чёткие медицинские критерии.

Современное уголовное законодательство опирается на эти критерии, изложенные в Приказе Минздравсоцразвития РФ от 24.04.2008 № 194н.

Составы преступлений, предусмотренные ст. 111, 112 и 115 УК РФ, являются материальными. Это означает, что обязательным признаком объективной стороны выступают общественно опасные последствия в виде конкретного вреда здоровью, и между деянием и последствием должна быть установлена причинная связь. Родовым объектом данных преступлений являются общественные отношения, охраняющие личность, видовым — жизнь и здоровье, а непосредственным — здоровье конкретного потерпевшего. Объективная сторона выражается в форме действия или бездействия, повлёкшего причинение вреда определённой тяжести. Субъективная сторона характеризуется виной в форме умысла (прямого или косвенного). Важной особенностью является возраст субъекта: если за причинение тяжкого (ст. 111 УК РФ) и среднего вреда (ст. 112 УК РФ) ответственность наступает с 14 лет, то за лёгкий вред (ст. 115 УК РФ) — с 16 лет.

Ст. 111 УК РФ устанавливает ответственность за умышленное причинение тяжкого вреда здоровью. Объективная сторона включает причинение вреда, опасного для жизни, или повлёкшего потерю зрения, речи, слуха, какого-либо органа или утрату органом его функций, прерывание беременности, психическое расстройство, заболевание наркоманией или токсикоманией, неизгладимое обезображивание лица, значительную стойкую утрату общей трудоспособности не менее чем на одну треть или заведомо для виновного полную утрату профессиональной трудоспособности. Квалифицирующие признаки расположены в частях 2–4 статьи: совершение деяния в отношении лица или его близких в связи с осуществлением служебной деятельности или выполнением общественного долга (ч. 2); группой лиц, организованной группой, в отношении двух или более лиц (ч. 3); причинение тяжкого вреда, повлёкшего по неосторожности смерть потерпевшего (ч. 4).

Ст. 112 УК РФ предусматривает ответственность за умышленное причинение средней тяжести вреда здоровью. Ключевым отличием от ст. 111 является то, что вред не опасен для жизни и не влечёт последствий, перечисленных в ст. 111 УК РФ, но вызывает длительное расстройство здоровья (свыше 21 дня) или значительную стойкую утрату общей трудоспособности менее чем на одну треть (от 10 до 30 %). Квалифицирующие признаки (ч. 2) во многом аналогичны ч. 2 ст. 111: совершение деяния в отношении двух или более лиц, в связи со служебной деятельностью, с особой жестокостью, группой лиц и т.д.

Ст. 115 УК РФ касается умышленного причинения лёгкого вреда здоровью. Медицинскими критериями здесь выступают кратковременное расстройство здоровья (до 21 дня включительно) или незначительная стойкая утрата общей трудоспособности (менее 10 %). Субъектом является вменяемое лицо, достигшее 16 лет, что обусловлено меньшей общественной опасностью. Факультативным объектом может выступать общественный порядок, если деяние совершено из хулиганских побуждений (ч. 2 ст. 115). Также квалифицирующим признаком является совершение по мотивам политической, идеологической, расовой, национальной или религиозной ненависти.

Ключевой проблемой правоприменения является разграничение умышленного причинения тяжкого вреда здоровью (особенно ч. 4 ст. 111 УК РФ) и убийства (ст. 105 УК РФ). Согласно разъяснениям Пленума Верховного Суда РФ, решающим фактором выступает направленность умысла виновного. Покушение на убийство возможно лишь с прямым умыслом на лишение жизни. Если виновный действовал с косвенным умыслом, безразлично относясь к последствиям, содеянное при отсутствии смерти не может квалифицироваться как покушение на убийство, а подлежит оценке по фактически наступившим последствиям (например, по ст. 111 УК РФ). Также сложности возникают при отграничении причинения смерти по неосторожности (ст. 109 УК РФ) от умышленного причинения тяжкого вреда, повлёкшего смерть (ч. 4 ст. 111 УК РФ). В обоих случаях виновный предвидит

возможность смерти, однако при легкомыслии он рассчитывает на предотвращение последствий, а при косвенном умысле — сознательно допускает или безразлично относится к ним [3].

Для наглядного отражения судебной практики приведём таблицу, содержащую примеры приговоров по ст. 111, 112, 115 УК РФ за 2023 год.

Таблица 1. Анализ судебных решений по делам об умышленном причинении вреда здоровью (2023 г.)

№	Реквизиты судебного акта	Краткие обстоятельства дела	Квалификация
1	Приговор № 1-от 133/2023, 28.11.2023, Магдагачинский районный суд (Амурская область)	Нанесение множественных ударов ногами и металлическим ломом, повлёкших тяжкий вред здоровью, опасный для жизни, и смерть потерпевшего	ч. 4 ст. 111 УК РФ
2	Приговор № 1-от 445/2023, 19.12.2023, Бугульминский городской суд (Республика Татарстан)	Нанесение ударов диванной подушкой в область головы, причинивших физическую боль и лёгкий вред здоровью	п. «в» ч. 2 ст. 115 УК РФ (с применением предмета, используемого в качестве оружия)
3	Приговор № 1-от 108/2023, 12.12.2023, Благовещенский районный суд (Алтайский край)	Нанесение удара ножом в область левого предплечья, причинившего вред здоровью средней тяжести	п. «з» ч. 2 ст. 112 УК РФ (с применением оружия)

Приведённые примеры подтверждают, что суды при квалификации деяний руководствуются не только характером применённого насилия, но и последствиями, установленными судебно-медицинской экспертизой. В первом случае множественные удары, повлёкшие смерть потерпевшего, были квалифицированы по ч. 4 ст. 111 УК РФ, поскольку умысел виновного был направлен на причинение тяжкого вреда здоровью, а смерть наступила по неосторожности. Во втором и третьем случаях использование предметов (подушки и ножа) повлияло на квалификацию по квалифицирующим признакам.

Таким образом, анализ ст. 111, 112 и 115 УК РФ показывает, что система норм об ответственности за вред здоровью построена на градации тяжести последствий. Несмотря на достаточную разработанность, на практике сохраняются трудности в отграничении данных составов от смежных преступлений, что требует дальнейшего совершенствования судебного толкования и повышения качества судебно-медицинских экспертиз. Проведённое исследование позволяет сделать вывод о том, что законодательное регулирование данной сферы находится в динамике и требует постоянного внимания правоприменителей.

Список литературы / References

1. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: принята всенародным голосованием 12.12.1993 (с изм., одобр. в ходе общерос. голосования 01.07.2020). – Доступ из СПС «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (дата обращения: 10.09.2026).
2. Уголовный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 01.07.2024). – Доступ из СПС «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения: 10.09.2026).
3. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 27.01.1999 № 1 «О судебной практике по делам об убийстве (ст. 105 УК РФ)» // Бюллетень Верховного Суда РФ. – 1999. – № 3.
4. Решетников А.Ю. Уголовное право // Актуальные проблемы российского права. – 2017. – № 8. – С. 122–132.
5. Сиянова П.В. Преступления против жизни и здоровья // Вестник современных исследований. – 2017. – № 3 (6). – С. 211–213.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФИЗИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ: ГИПОДИНАМИЯ И ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РИСКИ

Кузнецова В.Е.¹, Скидан М.Н.²

¹Кузнецова Вероника Евгеньевна - кандидат педагогических наук, доцент,

²Скидан Мария Николаевна – старший преподаватель,
кафедра социально-гуманитарных и естественнонаучных дисциплин,
Северо-Кавказский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет правосудия имени В.М. Лебедева»,
г. Краснодар

Аннотация: современное детство и отрочество проходят в условиях беспрецедентного распространения цифровых технологий, что оказывает комплексное и неоднозначное влияние на физическое и психическое здоровье подрастающего поколения. Данная статья посвящена анализу воздействия цифровой среды на уровень физической активности детей и подростков. Рассматриваются ключевые риски, связанные с вытеснением реальной двигательной активности виртуальным досугом: распространение гиподинамии, рост числа случаев ожирения, нарушение осанки, а также формирование психологической зависимости от гаджетов. Особое внимание уделяется двойственной роли цифровых технологий, которые, с одной стороны, являются фактором снижения активности, а с другой — потенциальным инструментом ее стимулирования через фитнес-приложения, игровые платформы с дополненной реальностью и онлайн-сообщества. В работе предлагаются пути минимизации негативных последствий и интеграции цифровых инструментов в систему физического воспитания.

Ключевые слова: цифровые технологии, физическая активность, дети, подростки, гиподинамия, гаджет-зависимость, здоровье, фитнес-трекеры, мотивация.

THE IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGIES ON PHYSICAL ACTIVITY IN CHILDREN AND ADOLESCENTS: PHYSICAL INACTIVITY AND BEHAVIORAL RISKS

Kuznetsova V.E.¹, Skidan M.N.²

¹Kuznetsova Veronika Evgenievna - Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,

²Skidan Maria Nikolaevna – Senior Lecturer,
DEPARTMENT OF SOCIAL SCIENCES, HUMANITIES AND NATURAL SCIENCES,
NORTH CAUCASUS BRANCH OF THE FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL
INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION "RUSSIAN STATE UNIVERSITY OF JUSTICE NAMED
AFTER V.M. LEBEDEV",
KRASNODAR

Abstract: Modern childhood and adolescence are unfolding amid an unprecedented proliferation of digital technologies, which has a complex and ambiguous impact on the physical and mental health of the younger generation. This article analyzes the impact of the digital environment on the physical activity levels of children and adolescents. It examines key risks associated with the displacement of real physical activity by virtual leisure: the spread of physical inactivity, increased obesity rates, postural disorders, and the development of psychological dependence on gadgets. Special attention is paid to the dual role of digital technologies, which, on the one hand, are a factor in reducing activity, and on

the other, a potential tool for stimulating it through fitness apps, augmented reality gaming platforms, and online communities. The paper proposes ways to mitigate negative consequences and integrate digital tools into the physical education system.

Keywords: digital technologies, physical activity, children, adolescents, hypodynamia, gadget addiction, health, fitness trackers, motivation.

Цифровая трансформация общества кардинально изменила повседневные практики детей и подростков. Если ранее дворовые игры и спортивные секции были основными формами досуга, то сегодня их место все чаще занимают цифровые устройства. Этот сдвиг порождает серьезную медико-педагогическую проблему: на фоне роста экранного времени происходит стойкое снижение объема двигательной активности, необходимой для нормального развития. Гиподинамия, понимаемая как нарушение функций организма при ограничении двигательной активности, становится типичным состоянием для современного школьника. Ее следствиями являются ухудшение физического здоровья, негативное влияние на когнитивные функции и эмоциональную сферу. Параллельно нарастает проблема поведенческой зависимости от цифровых устройств, которая сама по себе ограничивает интерес к активным формам отдыха.

Целью данной работы является анализ двойственной роли цифровых технологий как фактора, способствующего развитию гиподинамии, так и потенциального катализатора повышения физической активности детей и подростков.

Рост гиподинамии среди детей и подростков напрямую коррелирует с увеличением экранного времени. По данным исследований, значительная часть школьников превышает рекомендованные ВОЗ нормы, что приводит к системному снижению ежедневного расхода энергии.

Ключевые негативные последствия:

1. Снижение уровня физической подготовленности и рост заболеваемости. Замена активных игр пассивным потреблением контента ведет к ослаблению мышечной силы, выносливости, координации. Малоактивный образ жизни является одним из ключевых факторов риска развития ожирения, сахарного диабета 2-го типа и нарушений опорно-двигательного аппарата. Исследования демонстрируют прямую связь между временем использования гаджетов и индексом массы тела у подростков. В систематическом обзоре К. Трембле подчеркивается, что превышение экранного времени более 2 часов в день достоверно связано с повышенным риском избыточной массы тела и низкой выносливостью.

2. Психологические и поведенческие проблемы. Чрезмерное увлечение гаджетами связывают с ростом тревожности, депрессивных симптомов и нарушением сна. Формируется замкнутый круг: гиподинамия усугубляет психологический дискомфорт, который ребенок вновь пытается компенсировать в виртуальном мире. По данным исследования Т.А. Потаповой (2023), у подростков с признаками интернет-зависимости значительно чаще наблюдаются астенические состояния и эмоциональная нестабильность.

3. Социальная изоляция. Виртуальное общение вытесняет прямое межличностное взаимодействие, необходимое для развития коммуникативных навыков и эмпатии. Как показано в работе Е.В. Сидоренко и др. (2022), у подростков, проводящих в социальных сетях более 3 часов в день, уровень развития социального интеллекта и эмпатии достоверно ниже, чем у их сверстников, предпочитающих живое общение.

Несмотря на очевидные риски, цифровые технологии обладают значительным потенциалом для пропаганды физической культуры. Задача — перенаправить интерес детей в реальную плоскость, используя знакомые им форматы.

Перспективные направления:

1. Фитнес-трекеры и геймификация. Приложения и умные устройства для отслеживания активности превращают физическую активность в увлекательную игру

с элементами соревнования и самомониторинга. Постановка целей и визуализация прогресса повышают внутреннюю мотивацию. Эффективность использования фитнес-трекеров для повышения ежедневной активности у школьников подтверждается исследованием А.А. Шабунова (2023).

2. Активные видеоигры (экзергеймы) и игры с дополненной реальностью (AR). Такие платформы, как Pokémon Go или танцевальные симуляторы, демонстрируют, что цифровые технологии могут стимулировать исследовательскую активность и движение. Исследования, подобные работе, представленной в журнале «JMIR Serious Games» (2024), показывают, что экзергеймы могут служить эффективным инструментом для увеличения частоты сердечных сокращений и расхода энергии у детей и подростков по сравнению с сидячими играми.

3. Онлайн-платформы и видеотренировки. Доступ к спортивным видеоурокам позволяет заниматься в удобное время, преодолевая барьеры доступности секций.

4. Интеграция в физическое воспитание. Внедрение игровых механик (баллы, уровни, рейтинги) в школьные уроки физкультуры может повысить вовлеченность учащихся, не проявляющих интереса к традиционным видам спорта.

Для гармонизации взаимодействия детей с цифровой средой необходим комплексный подход.

1. Формирование цифровой гигиены. Обучение детей и родителей принципам дозированного использования гаджетов, установление четких временных рамок и популяризация альтернативных видов досуга.

2. Образовательные программы. Внедрение в учебный план уроков, посвященных здоровому образу жизни в цифровую эпоху.

3. Модернизация уроков физкультуры. Интеграция элементов экзергеймов и фитнес-приложений в структуру урока для повышения его привлекательности.

4. Стимулирование семейной активности. Использование технологий как повода для совместной деятельности: семейные челленджи по количеству шагов, совместные игры в дополненной реальности.

Цифровые технологии оказывают двойственное влияние на физическую активность подрастающего поколения. С одной стороны, они являются мощным фактором, способствующим распространению гиподинамии. С другой стороны, их мотивационный потенциал в сфере физической культуры огромен.

Задача современных педагогов и родителей заключается не в демонизации гаджетов, а в их грамотной интеграции в воспитательно-образовательное пространство. Стратегическая цель — сформировать у детей и подростков культуру сбалансированного использования цифровых технологий, где виртуальный мир будет дополнением к активной, насыщенной движением и реальным общением жизни.

Список литературы / References:

1. Кардефельт-Винтер Д. Проблемное использование цифровых медиа: текущие идеи и перспективные направления = Problematic digital media use: current ideas and future directions / Д. Кардефельт-Винтер; [пер. с англ. И.И. Иванова] // Текущее мнение в поведенческих науках = Current Opinion in Behavioral Sciences. — 2024. — Т. 55. — С. 101335.
2. Потапова Т.А. Взаимосвязь интернет-активности и психоэмоционального состояния подростков в образовательной среде / Т.А. Потапова // Психологическая наука и образование. — 2023. — Т. 28, № 1. — С. 85–97.
3. Сидоренко Е.В. Влияние цифровой социализации на развитие эмпатии и социального интеллекта у подростков / Е. В. Сидоренко, О. С. Антипова // Консультативная психология и психотерапия. — 2022. — Т. 30, № 2. — С. 70–89.

4. Трёмблей М.С. Систематический обзор взаимосвязей между двигательными режимами в течение 24 часов и показателями здоровья у детей школьного возраста и молодежи / М.С. Трёмблей [и др.] // Прикладная физиология, питание и метаболизм. — 2024. — Т. 49, № 1. — С. С1-С30.
5. Шабунув А.А. Эффективность использования фитнес-браслетов для повышения двигательной активности учащихся старших классов / А.А. Шабунув // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. — 2023. — № 3. — С. 58–61.

ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КАК СРЕДСТВО ПРОФИЛАКТИКИ ЦИФРОВОЙ УСТАЛОСТИ У СТУДЕНТОВ

Кузнецова В.Е.¹, Скидан М.Н.²

¹Кузнецова Вероника Евгеньевна - кандидат педагогических наук, доцент,

²Скидан Мария Николаевна – старший преподаватель,
кафедра социально-гуманитарных и естественнонаучных дисциплин,
Северо-Кавказский филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Российский государственный университет правосудия
имени В.М. Лебедева»,
г. Краснодар

Аннотация: в статье идет речь о том, что цифровая усталость находит свое отражение не только в психологическом, но и в физическом состоянии студентов. На уровень цифровой усталости оказывают существенное воздействие такие факторы, как многозадачность, проблемы с оборудованием, информационный шум. Чтобы противостоять цифровой усталости, студентам необходимо совершать физические нагрузки, установить для себя режим учебы, работы, отдыха и следовать ему.

Ключевые слова: цифровая усталость, студенты, состояние утомления, мотивация, высокие баллы, электронные учебники, автозапуски приложений, устаревшее устройство, программное обеспечение, физическая нагрузка.

PHYSICAL ACTIVITY AS A MEANS OF PREVENTING DIGITAL FATIGUE IN STUDENTS

Kuznetsova V.E.¹, Skidan M.N.²

¹Kuznetsova Veronika Evgenievna - Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,

²Skidan Maria Nikolaevna – Senior Lecturer,
DEPARTMENT OF SOCIAL SCIENCES, HUMANITIES AND NATURAL SCIENCES,
NORTH CAUCASUS BRANCH OF THE FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL
INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION "RUSSIAN STATE UNIVERSITY OF JUSTICE NAMED
AFTER V.M. LEBEDEV",
KRASNODAR

Abstract: The article discusses the fact that digital fatigue is reflected not only in psychological but also in physical fatigue. Factors such as multitasking, hardware problems, and information noise have a significant impact on the level of digital fatigue. To combat digital fatigue, students need to engage in physical activities and establish a study/work/rest schedule.

Keywords: digital fatigue, students, fatigue, motivation, high scores, e-textbooks, app auto-launch, outdated device, software, physical activity.

Такое явление, как цифровая усталость, часто встречается у студентов. Она сопровождается психологическим и физическим состоянием утомления. Это состояние появляется в тот период времени, когда студент длительное время взаимодействует с цифровыми технологиями. Необходимо обозначить основные признаки, по которым можно судить о цифровой усталости у студентов. Цифровая усталость имеет место, если у студентов понизился уровень внимания. Они стали более рассеянными, нет какой-либо мотивации, они ни к чему не стремятся. Кроме того, студенты устают и в эмоциональном плане, их не радуют перспективы получить высокие баллы за свою работу, а если они и получают эти баллы, то это ни вызывает у них никакой радости. От долгого сидения за компьютером или в телефоне, студенты могут испытывать головную боль. Время, проводимое в телефоне или за компьютером, вызывает у них нарушение сна, они чувствуют тревожность, им сложно на чем-то важном сосредоточиться, студенты отстранены от реальности. Эти признаки указывают на их цифровую усталость.

На уровень цифровой усталости влияет несколько факторов, в том числе: многозадачность, проблемы с оборудованием, информационный шум. При многозадачности студенты часто вынуждены переключать себя между несколькими платформами. Они изучают электронные учебники, знакомятся, как будет проходить процесс дистанционного обучения, не остается без их внимания программное обеспечение. Проблемы с оборудованием возникают часто по той причине, что не каждый студент может позволить себе дорогостоящее устройство, которое не будет доставлять ему проблем в пользовании. Следовательно, они пользуются устаревшим устройством, которое часто претерпевает сбои в работе, бывает и так, что эти сбои приводят к тому, что студентам приходится начинать свою работу заново. Мессенджеры, своего рода, выступают генераторами информационного шума. Они часто отвлекают студентов на развлекательные каналы.

Цифровая усталость негативно отражается на студентах, их успеваемости. Чтобы ее побороть, необходимо применить несколько важных правил. Во-первых, студентам очень важно для себя устанавливать числовые пределы, на себя в течение дня выделить хотя бы полчаса или час времени, которые будут свободными от телефона или иного гаджета. Не менее важно в своем телефоне отключить разные уведомления, автозапуски приложений, которые не важны для студентов. Будет верным сохранить те уведомления, которые действительно несут для студентов важную информацию, и без них будет непросто в учебной деятельности. Вместо ненужных и бесполезных уведомлений будет рационально включить медитацию, продолжительностью примерно 30 минут, нужно проводить ее за 2 часа до сна, и после медитации никаких каналов быть не должно, иначе студенты не смогут добиться желаемого эффекта. Если все вышерассмотренные варианты не помогут, тогда студентам нужно будет обратиться к психологу, который сумеет оказать помощь в снятии нервного напряжения и найти причину где-то там, глубоко внутри, что именно могло вызвать эту усталость [3, с. 155-167].

Цифровая усталость может негативно влиять на здоровье студентов, вызывая различные проблемы, среди которых: быстрая усталость глаз, проблемы желудочно-кишечного тракта и с позвоночником, проблемы с психикой, понижение уровня продуктивности. Студенты испытывают усталость в глазах, если долгое время проводят за компьютером или в телефоне. Проблемы с желудком и с позвоночником возникают, если студенты много часов сидят неподвижно у компьютера или в телефоне. Проблемы с психикой могут появиться у студентов, если они с помощью телефона и компьютера изолировали себя от живого общения. Снижение эффективности учебного процесса – это непосредственно результат зависимости от цифрового пространства. Если студент бесконтрольно использует компьютер и телефон, то у него возникнут проблемы со здоровьем на более глобальном уровне. Поэтому, чтобы свести к минимуму все вредные последствия, которые могут

появиться у студентов, как итог цифровой усталости, им очень важно установить для себя баланс между учебой с цифровыми технологиями, работой и видами отдыха. Нужно для себя проявлять больше физической активности, проводить время с семьей, с друзьями, обеспечить себе полноценный сон, так как он позволяет восстановить силы – все это поможет студентам справиться с цифровой усталостью и избежать всех ее негативных последствий.

Чтобы справиться с утомляемостью глаз, студенту нужно выполнять комплекс упражнений. Перед тем, как начать их выполнять, необходимо посетить врача-офтальмолога, потому что не всегда можно выполнять эти упражнения, они могут не всем подходить и иметь ряд противопоказаний. Если противопоказаний нет, упражнения для выполнения будут следующие. Прежде всего, нужно плотно закрыть глаза, и в таком положении находиться примерно 5 секунд, это упражнение рекомендуется выполнять не менее 6 раз. Оно называется «Жмурки». Есть еще одно полезное упражнение от усталости глаз – это «Переносица». Смысл этого упражнения состоит в том, чтобы студент мог прямо перед собой, не моргая, смотреть на протяжении 3 секунд. Это упражнение нужно повторять не менее 10 раз. Еще одно упражнение называется «Пол, потолок, стены». Для его выполнения студенту нужно медленно переводить взгляд с пола на потолок, вправо, влево и обратно, положение головы должно быть неподвижным, если пошевелить головой, то пропадет весь эффект. Нужно данное упражнение выполнять не менее 8 раз. Суть упражнения «Шторки» состоит в том, чтобы на протяжении двух минут быстро и легко моргать. Выполнять это упражнение нужно для того, чтобы улучшить кровообращение. Не меньшую пользу для глаз приносит упражнению «Часики». При его выполнении студентам нужно свой взгляд перемещать в разные стороны: совершать глазами круговые движения, сначала по часовой стрелке, а потом – против часовой стрелки. Выполнение данного упражнения способствует укреплению мышц глаз. При выполнении упражнения «Удивление» студенту нужно крепко сжать глаза, держать их в таком положении примерно 5 секунд, после этого их широко открыть. Данное упражнение не только поможет снять усталость глаз, но расслабит мышцы глазного яблока. Кроме того, у студентов повысится обмен веществ и станет лучше циркулироваться кровь в тканях. Надо данное упражнение выполнять не менее 8 раз. И, наконец, упражнение «Метка на стекле». Студенту нужно выбрать на стекле точку и за окном далёкий объект, после этого несколько секунд, не моргая, смотрит вдаль, потом он переводит взгляд на точку, которая есть на стекле. Данное упражнение можно сделать несколько сложнее, увеличив нагрузку. Для этой цели студент фокусирует взгляд на четырёх объектах, которые удалены на разное расстояние [1, с. 123- 127].

Цифровая усталость приводит к проблемам с желудочно-кишечным трактом. Чтобы избежать этих проблем, студентам нужно делать постоянные перерывы. Если они за компьютером проводят более полутора часов, то очень важно отвлекаться от компьютера на 20 минут, пройтись по аудитории, размять тело, можно выйти на улицу. Будет полезным для студентов выпить стакан воды. Если студенты много времени работают за компьютером, то им нужно следить за тем, в какой позе они сидят, важно, чтобы осанка была прямой, не было нагрузки на позвоночник. Нужно обратить внимание на положение ног, их необходимо расположить так, чтобы они могли упираться в пол или в подставку. Компьютер на стол нужно поставить таким образом, чтобы не допустить попадания солнечных лучей на экран. Студентам важно свое рабочее место привести в порядок, у кресла должна быть обязательно спинка, подлокотники и сиденье должно быть мягким. Все предметы надо на столе расставить именно так, чтобы студенту можно было их достать руками. Студентам нужно часто совершать прогулки, чтобы как можно больше двигаться. Им полезно будет записаться в спортзал, по утрам делать зарядку, не менее двух часов в день ходить пешком. Студентам необходимо не нарушать режим сна, отдыха и питания. Не

желательно совершать перекусы, лучше обеспечить себе полноценный завтрак, обед и легкий ужин. Принесет пользу студентам то, если они не станут употреблять в пищу вредные продукты, в частности, фаст-фуд, газированную воду и т.д.

Чтобы справиться с психическими проблемами, возникшими от долгого пребывания за компьютером, студентам необходимо совершать умеренные физические нагрузки. От нагрузок со здоровьем студентов будут происходить улучшения в умственной деятельности. Если иногда умственную деятельность поменять на физическую активность, то студент сможет ощутить на себе позитивные изменения, его организм станет быстрее восстанавливаться после цифровой усталости. Кроме двигательной нагрузки к средствам физической культуры относятся санитарно-гигиеническая обстановка, соблюдение сна, труда и отдыха, рациона питания. Как пример, нужно выделить гимнастику по утрам. Утренняя гимнастика – это эффективное действие для ускорения привлечения студентов к учебно-трудовой деятельности. Утренняя гимнастика делает кровообращение лучше и быстрее, существенно улучшается ток лимфы во всем организме, гимнастика положительное значение оказывает на дыхание. Все это помогает сделать обмен веществ активнее, избавиться от продуктов распада, накопленных в организме человека в течение ночи. Спустя четыре академических часа, что пропорционально продолжительности двух пар, умственная работоспособность у студентов сильно сокращается. По этой причине нужно заменить время у компьютера на разминку. Ее длительность составляет 10 минут. Утренняя зарядка должна включать в себя 5–7 упражнений: потягивание, совершение наклонов и поворотов головы в разные стороны, приседания, маховые движения, наклоны в стороны. Потягивание студентам нужно выполнять не менее 6 раз, столько же необходимо делать наклонов, не менее четырех раз нужно совершать повороты туловищем, а наклоны в стороны нужно делать не менее 6 раз. Маховые движения необходимо совершать не менее четырех раз. Если студенты каждое утро будут на утреннюю гимнастику тратить не менее 10 минут, то их работоспособность возрастет на 9%. Правильные и постоянные физические занятия помогут студенту сохранить свое здоровье, справиться с быстрым современным ритмом жизни, так же помочь с психическими нагрузками, появляющимися при долгом умственном труде. Если студенты будут следовать физическим нагрузкам, они заметят позитивные изменения в умственной деятельности. Если иногда заменять умственную деятельность на физическую активность, можно будет заметить, как организм человека восстанавливается после цифровой усталости. Кроме двигательной нагрузки к методам физической культуры относятся санитарно-гигиеническая обстановка, режим сна, труда и отдыха, рацион питания [6, с. 130-137].

Чтобы справиться с понижением продуктивности у студентов, возникающей от цифровой усталости, необходимо отвлекаться на постоянные перерывы. Студентам важно для себя найти хотя бы немного времени без телефона и компьютера, это необходимо для отдыха и восстановления сил. В проведении онлайн-встреч надо соблюдать правила. Они включают в себя: асинхронное общение, ограничение времени проведения совещаний или либо взять день в неделю, чтобы работать или учиться без встреч. Чтобы повысить продуктивность, нужно ограничить уведомления, фильтры синего света. Также полезно признавать цифровую детоксикацию: время за экранами вне работы для полноценного восстановления существенно уменьшить. Необходимо проводить сеансы медитации или осознанности для оказания помощи студентам, так они смогут более эффективно преодолеть стресс и найти внутренний покой. Нужно покинуть цифровое пространство и вернуться в реальную действительность. Организму важно сменить обстановку. Можно сократить проведение времени за гаджетами вне учебного времени, больше совершать прогулок, читать книги, увеличить общение с близкими и друзьями. Чтобы повысить свою

продуктивность, нужно установить в телефоне «режим без звука», оставить место в телефоне для самого главного.

Чтобы компенсировать дополнительные часы, которые студенты проводят за компьютером или в телефоне, им нужно в течение рабочего дня выбрать для себя нетехнологичные решения. Составить для себя вариант досуга на листе бумаги. Чтобы отвлечься от компьютера и телефона, можно взять и придумать дорожную карту масштабного проекта, например, написать план действий на маркерной доске, если читать книги, то лучше не на электронном носителе, а в бумажном варианте. Чтобы размять ноги и руки, нужно выбрать для себя физическую активность. Следовательно, всякая возможность встать из-за компьютера и отложить в сторону телефон обеспечивает не только ценный отдых, но и позволяет мыслить более креативным методом. Важно увеличить двигательную активность. Чтобы побороть усталость от неподвижного сидения перед компьютером, и в телефоне, надо совершать больше движений. Между парами нужно не сидеть в телефоне, а сделать простую разминку, подвигать плечами, это улучшит кровоснабжение. Если в квартире у студента неудобный стол, нужно изменить уровень столешницы, это поможет на протяжении дня работать не только сидя, но и стоя. Можно попробовать компьютер расположить на стойке и встать со стула. Если студент разговаривает по телефону, ему лучше выйти из-за стола или пройтись по комнате. Студентам важно отдыхать от технических устройств. Важно отметить, что перерыв на обед на 15— 20 минут принесет положительные изменения.

Таким образом, необходимо сделать вывод. Физические нагрузки в виде прогулок, подвижных игр, гимнастика и просто совершение движений поможет студентам не только восстановить умственную энергию, но и разграничить учебное и рабочее время. Если у студентов будет возможность возобновить общение без телефона и компьютера с друзьями и родственниками, то студентам станет гораздо легче и в психологическом, и в физическом отношении. Если им невозможно избавиться от цифровой нагрузки, то все рассмотренные выше методы помогут снять напряжение и побороть цифровую усталость.

Список литературы / References

1. Зуйкова Е.Г., Бондарчук И.Л. Влияние физической культуры на работоспособность и адаптацию студентов к физическим нагрузкам // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. № 1. С.123–127.
2. Кузнецова В.Е. Взаимодействие физического развития и современных информационных технологий в жизни студентов / В.Е. Кузнецова // Теоретические и прикладные аспекты формирования информационного, образовательного и правового пространства в современном мире: сборник статей, Краснодар, 23 декабря 2022 года – 21 2023 года. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом - Юг", 2024. – С. 45-48. – EDN MQTKAT.
3. Мухамедьянова И.И. Влияние спорта на формирование личности / И. И. Мухамедьянова // Форум молодых ученых. – 2019. – № 11(39). – С. 311-313. – EDN ETHQVG.
4. Салий В.В. Цифровые технологии и искусственный интеллект в образовательном процессе в вузе / В.В. Салий, С.М. Гузиекова // Проблемы современного педагогического образования. – 2026. – № 90-4. – С. 185-187. – EDN OWRKKO.
5. Салий В.В. Тренды и перспективы цифровой трансформации системы образования / В.В. Салий // Институциональное проектирование развития сельских территорий: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Краснодар, 15 ноября 2024 года. – Краснодар: Индивидуальный предприниматель Алзидан Махер, 2024. – С. 460-464. – EDN JYQRPD.

6. Холодов Ж.К., Кузнецов В.С. Теория и методика физического воспитания и спорта// Кнорус, 2020 г., 368с.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК (НИТ) НА ФИЗИЧЕСКОЕ И ПСИХИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ СТУДЕНТОВ

Кузнецова В.Е.¹, Нуртдинова Э.В.²

¹Кузнецова Вероника Евгеньевна - кандидат педагогических наук, доцент, кафедра социально-гуманитарных и естественнонаучных дисциплин, Северо-Кавказский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет правосудия имени В.М. Лебедева»,

²Нуртдинова Эвелина Владимировна – студент, Краснодарский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Краснодар

Аннотация: в данной работе проводится и рассматривается обзор современных исследований по влиянию высокоинтенсивных интервальных тренировок подвидов НИТ на показатели аэробной выносливости, состава тела и психоэмоционального состояния. В том числе, предложена методика пилотного исследования студенческой аудитории. Приведена обоснованность актуальности темы: в условиях спада заинтересованности молодёжи в физической культуре, ухудшении спортивных данных и необходимости быстро действенных практик в рамках ограниченного времени учебных занятий. Подвид тренировок НИТ показывает лучшие результаты по сравнению с другими умеренными непрерывными тренировками при такой же временной затратности. Положительность заключается в снижении доли жировой массы, улучшении когнитивной работоспособности и настроения в целом. Предложен 8-недельный тренировочный план, а также критерии оценки эффективности.

Ключевые слова: процентное содержание жира, интервальные тренировки, здоровье студентов, выработка выносливости, пилотный опрос.

THE EFFECTS OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING (HIIT) ON THE PHYSICAL AND MENTAL HEALTH OF STUDENTS

Kuznetsova V.E.¹, Nurtadinova E.V.²

¹Kuznetsova Veronika Evgenievna - Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, DEPARTMENT OF SOCIAL SCIENCES, HUMANITIES, AND NATURAL SCIENCES, NORTH CAUCASUS BRANCH OF THE FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION "V.M. LEBEDEV RUSSIAN STATE UNIVERSITY OF JUSTICE",

²Nurtadinova Evelina Vladimirovna – student, KRASNODAR BRANCH OF THE PLEKHANOV RUSSIAN UNIVERSITY OF ECONOMICS, KRASNODAR

Abstract: This paper presents and reviews current research on the effects of high-intensity interval training (HIIT) on aerobic endurance, body composition, and psycho-emotional state. A methodology for a pilot study of student populations is proposed. The relevance of this topic is justified given the decline in youth interest in physical education, the decline in

athletic performance, and the need for quickly effective training within the limited time of school hours. HIIT demonstrates superior results compared to other moderate continuous exercise programs with the same time commitment. The benefits include a reduction in body fat, improved cognitive performance, and overall mood. An 8-week training plan and effectiveness evaluation criteria are proposed.

Keywords: *body fat percentage, interval training, student health, endurance development, pilot survey.*

На данный момент подвижность студенческого сообщества характеризуется высоким уровнем сидячей подвижности, стрессовыми нагрузками и дефицитом времени для регулярных занятий физической культурой. По сравнению со статистикой прошлых лет, заметно ухудшились показатели и спортивные данные. Студенты все чаще отдают предпочтение видеоиграм, нежели чем прогулкам на улице и физ.кружкам. В этом случае на помощь приходят учебные занятия физкультурой. Всемирная организация здравоохранения подчеркивает, что «в неделю необходимо не менее 150 минут умеренной или 75 минут интенсивной аэробной нагрузки», однако, 70% студентов далеки от таких показателей. В подобных условиях тренировки подвиды HIIT оказываются оптимальным решением проблемы.

HIIT-высокоинтервальный тренинг, один из самых популярных видов тренировок в 21 веке. Давайте углубимся в историю появления. Еще в зарождавшихся олимпийских играх греки практиковали интервальные тренировки. В боевом искусстве использовались короткие всплески активности с остановками для восстановления сил и дыхания, а бегуны чередовали бег с ходьбой. Такие подходы создавали благоприятные условия для выработки выносливости ведь, согласно исследованиям шведского физиолога Пер-Уолфа Астранла в 1950 году, именно такие паузы заставляют напрягаться сильнее, а значит улучшают аэробные способности и ускоряют прогресс тренировок. В 1990-х годах японские исследователи провели ряд экспериментов, сравнив традиционное кардио и высоко интервальные методы. Эксперимент имел вид:

- 20 секунд безудержной работы
- 10 секунд отдыха
- 8 повторов (всего 4 минуты)

Результаты исследования удивили, так как прогнозы подтвердились - у спортсменов значительно улучшились спортивные показатели. После этого эксперимента «Протокол Табата» быстро стал практиковаться в тренировочном процессе по всему миру.

HIIT включает повторяющиеся отрезки высокой мощности (обычно 80-100% от пиковой мощности или 85-95% от максимального сердечного ритма) с периодами низкой интенсивности или отдыха. Механизмы адаптации включают улучшение кардиореспираторной функции, митохондриальный биогенез, а также увеличение окислительных ферментов в мышцах. У молодых здоровых людей улучшения варьируют, но в среднем составляют 6-12% за 6-12 недель.

- Влияние на качество тела: исследования показывают снижение процентного содержания жира при сохранении или незначительном увеличении мышечной массы, особенно при сочетании пищевого поведения с тренировками. Эффект на вес и состав тела может быть значительным, так как краткосрочные изменения чаще касаются перераспределения тканей.

- Психологические показатели: короткие энергичные тренировки лучше влияют на настроение, увеличивают работоспособность, уменьшают тревогу и увеличивают объем информации, хранимой в краткосрочной памяти.

- Безопасность: метод высоко интервальных тренировок практически не имеет ограничений и противопоказаний в связи с большим выбором способов

осуществления тренировочного процесса. Механизмы способствуют выбросу эндорфинов и улучшению кровотока к мозгу.

- Практическая применимость: НПТ легко интегрируется в расписание университетских занятий. Время тренировок варьируется от 10 до 40 минут, дорогостоящее оборудование не обязательно, а в завершении тренировочного процесса можно добавить элементы легкой атлетики.

Цель работы заключается в систематизации данных о влиянии НПТ на тренировочный процесс студентов, а также на физическое и психоэмоциональное состояние, разработку собственной методики внедрения в студенческую среду посредством пилотного исследования. Несмотря на очевидные плюсы, я выявила и минусы. В рамках своей исследовательской работы мы взяли за основу дневники тренировок 15 студентов первого курса, практикующих спортивные занятия более 10 раз в месяц, и выявили специфические риски: основная масса учащихся не проявляет интереса к спорту, а те 30%, что имеют физическую работу, занимаются по принципу умеренных стабильных нагрузок. Тем самым, резкое внедрение курса интенсива НПТ может быть травмоопасно, поскольку студентов нужно постепенно привлекать к высоко интервальным нагрузкам чтобы организм не испытал стресса; в основе второй проблемы лежит-техника. Суть тренировочного процесса заключается в быстром выполнении упражнений, для студентов, не имевших ранее опыта спортивной подготовки, будет проблематично идеальное исполнение техники упражнений (например: берпи, джампинг джек, выпрыгивания). В большинстве случаев преподаватели и студенты сталкиваются с нарушением биомеханики. А в результате некачественных тренировок и усталости будет страдать осанка, колени и поясница. Во избежание вышеупомянутых проблем, я разработала методику внедрения НПТ с студенческое общество, рассмотрим предлагаемую концепцию:

1. Перед началом выполнения упражнений провести опрос студентов о их самочувствии. Проработать технику в медленном темпе для полного освоения и проинформировать о возможных ощущениях во время выполнения.

2. Необходимо психологически подготовить ребят, уведомив их о том, что им будет трудно, особенно в первые 2-3 недели. Нужно напомнить, что дискомфорт временный, а прилив сил начнет чувствоваться уже через 5-10 минут после окончания тренировки.

Методика проведения тренировок:

Классическая тренировка НПТ должна содержать 4 основные фазы:

- 1) Разминка-8-10 минут суставная гимнастика, динамический стрейчинг, легкое кардио.

- 2) Основная часть-15-20 минут на Начальном уровне (1-4 недели): работа 20 секунд (низкоударные упражнения: марш на месте, приседания без прыжка, bird dog), отдых 40 секунд (ходьба или полный покой), повторений 6-8.

- 3) Классический уровень (5-12 недель): работа 20-30 секунд (джампинг джек, берпи без отжимания, выпады с прыжком), отдых 10-30 секунд, повторений 6-8.

Результаты пилотного опроса студентов показали, что занятия тренировками утомляют, а спустя 2-3 недели у опрашиваемых совсем пропадает интерес ко всему спортивному процессу, при таких обстоятельствах и необходимости стабильных физических нагрузок студентов, НПТ становится оптимальным видом тренировок. Внедрение коротких интенсивных программ способствует улучшению кровотока, улучшению самочувствия, снижению сидячего уровня жизни и усовершенствованию общего образа жизни молодежи. Для практической реализации необходимо «отточить» технику для полного обеспечения безопасности студентов, в также соблюсти постепенную адаптацию к новому режиму.

Список литературы / References

1. *Александров С.Г.* Вовлеченность в занятия в спортивных секциях как фактор укрепления здоровья студенческой молодежи // Сфера услуг: инновации и качество. - 2023. - № 64. - С. 16-25.
2. *Калинин Е.М.* Интервальные методы тренировки в подготовке спортсменов / Е.М. Калинин, Гаврилов В.Б., В.Н. Селуянов. - М.: ТВТ Дивизион, 2021. - 134 с.
3. *Орлов Р.В.* Лёгкая атлетика. Краткая энциклопедия спорта. Изд-во: Олимпиа-пресс, 2006 г.
4. *Смолевский В.М.* Гимнастика и методика преподавания: учебник для институтов физической культуры под ред. проф. В.М.Смолевского, М., ФиС, 1987 г.
5. *Чернышенко Ю.К.* Теоретические основы организации физкультурно-спортивной предметной развивающей среды в дошкольных образовательных учреждениях / Ю.К. Чернышенко, В.Е. Кузнецова; ред. коллегия: С.М. Ахметов, А.А. Тарасенко, Г.Д. Алексанянц, А.И. Погребной [и др.] // Интегрированные коммуникации в спорте и туризме: образование, тенденции, международный опыт: мат. всероссийской научно-практической конференции с международным участием (14-15 апреля 2016 г., г. Краснодар) /. - Краснодар: КГУФКСТ, 2016. - Ч. 1. - С. 183-188.

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РАЗРАБОТКЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО НАРОДНОМУ ИСКУССТВУ: МЕДИА-УРОК ПО ЛЕДЕНЬГСКОЙ РОСПИСИ

Накамура А.С.

*Накамура Александра Сергеевна - соискатель ученой степени кандидата наук,
кафедра дизайна и медиатехнологий в искусстве, художественно-графический факультет,
Институт изящных искусств, Московский педагогический государственный университет
преподаватель живописи,
Русская школа академической живописи,
г. Токио, Япония*

Аннотация: в статье рассматривается применение генеративного искусственного интеллекта при разработке учебно-методических материалов для медиа-урока по мотивам леденьгской росписи Вологодской области. Предлагается модель, объединяющая проверяемый историко-художественный источник, педагогический отбор элементов, генеративные инструменты, мультимедийное сопровождение и практическую работу учащихся с обязательным разграничением документального источника, педагогической реконструкции и ИИ-визуализации. Показаны возрастная адаптация задания и продолжение проекта в современной предметной среде; сделан вывод о возможности использования генеративного ИИ как вспомогательного инструмента при обязательной проверке исторической и художественной достоверности результатов.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, леденьгская роспись, народные художественные промыслы, художественное образование, медиа-урок, учебно-методические материалы, культурное наследие, билингвальное образование, декоративно-прикладное искусство, медиатехнологии.

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DEVELOPMENT OF TEACHING AND METHODOLOGICAL MATERIALS ON FOLK ART: A MEDIA-BASED LESSON ON LEDENGA PAINTING

Nakamura A.S.

*Nakamura Alexandra Sergeevna - Applicant for the Candidate of Sciences degree,
DEPARTMENT OF DESIGN AND MEDIA TECHNOLOGIES IN ART, FACULTY OF ART AND
GRAPHICS,
INSTITUTE OF FINE ARTS, MOSCOW PEDAGOGICAL STATE UNIVERSITY,
Painting Instructor,
RUSSIAN SCHOOL OF ACADEMIC PAINTING,
TOKYO, JAPAN*

Abstract: *This article examines generative artificial intelligence in the development of teaching materials for a media-based lesson inspired by the Ledenga painting tradition of the Vologda Region. It proposes a model combining verified historical and artistic sources, pedagogical selection of characteristic elements, generative tools, multimedia support, and students' practical work, while distinguishing documentary sources, pedagogical reconstruction, and AI-generated visualization. The lesson's age-specific adaptation and continuation in a contemporary material context are described, and generative AI is regarded as a supplementary tool whose results require historical and artistic verification.*

Keywords: *generative artificial intelligence, Ledenga painting, folk arts and crafts, art education, media-based lesson, teaching and methodological materials, cultural heritage, bilingual education, decorative and applied arts, media technologies.*

УДК 37.02:7
DOI 10.24412/2304-2338-2026-10904

Введение

Современное художественное образование развивается одновременно в двух направлениях: возрастает интерес к сохранению локальных художественных традиций и восстановлению прерванных народных промыслов, а в образовательную практику входят технологии генеративного искусственного интеллекта, позволяющие создавать и преобразовывать визуальный материал. Их сочетание ставит вопрос о том, как использовать генеративные технологии при изучении традиционного искусства, не подменяя исторический источник визуально убедительной, но недостоверной стилизацией.

Особенно существенна эта проблема при обращении к малоизвестным региональным росписям, для которых педагог нередко самостоятельно собирает визуальные источники, выделяет характерные элементы и разрабатывает дидактические материалы. Исследования педагогического потенциала народного декоративно-прикладного искусства подчеркивают значение наглядности, последовательности, индивидуального подхода и самостоятельной творческой деятельности ребенка [10].

В таком случае генеративный ИИ целесообразно рассматривать не как источник сведений о традиционном искусстве или замену художественной деятельности учащегося, а как вспомогательный инструмент проектирования. Цель статьи — рассмотреть возможности и ограничения его применения при разработке учебно-методических материалов по восстановленному народному промыслу на примере медиа-урока по мотивам леденгской росписи Вологодской области. Задачи включают педагогическую адаптацию исходного материала, определение функций

ИИ, возрастную дифференциацию задания, апробацию медиа-урока и выявление методических ограничений генеративной визуализации.

1. Восстановленный народный промысел как предмет художественного образования

Сохранение народных художественных промыслов предполагает не только музейную фиксацию образцов, но и возвращение традиционного художественного языка в современную культурную и образовательную среду. Для локальных традиций с нарушенной передачей особое значение имеют исследовательские и музейные материалы, деятельность мастеров, культурных центров и образовательных организаций [8; 9].

Леденгская роспись — локальная традиция Русского Севера, связанная с декоративным оформлением прялок. Она значительно реже представлена в педагогической практике, чем широко известные народные росписи, поэтому знакомство с ней позволяет учащемуся открыть новую художественную систему и одновременно показывает возможности возвращения локальных традиций в современный культурный оборот.

Одним из источников занятия стало методическое пособие «Роспись Леденги», подготовленное Центром народной культуры Вологодской области и Вологодским государственным музеем-заповедником [7]. При педагогической интерпретации важно было избежать механического копирования: учащиеся сначала анализировали особенности художественного языка, затем использовали их в собственной композиции.

2. Генеративный искусственный интеллект как инструмент педагога ИЗО

В медиа-уроке генеративный ИИ использовался как вспомогательный инструмент разработки материалов. Поскольку модель способна создавать убедительные, но исторически недостоверные изображения, результат генерации не может сам по себе подтверждать существование мотива, цветового решения или композиционного принципа.

Исходной точкой остается проверяемый культурный материал: педагог отбирает документально подтвержденные изображения и сведения, выделяет характерные элементы и только затем применяет генеративные технологии; результат обязательно проверяется и корректируется.

Содержание, учебная задача и окончательная проверка остаются за педагогом. ИИ может применяться для компоновки карточек, вариантов расположения отобранных элементов, визуализации последовательности и возрастной адаптации, при обязательном контроле изображения, текста и соответствия источнику. Возможности ИИ в визуальных и анимационных элементах художественного образования рассматриваются и в современных исследованиях [5].



Рис. 1. Визуальные материалы вводной части медиа-урока.

3. Структура медиа-урока

Занятие начиналось с рассказа об истории леденгской росписи и расписных прялках Вологодской области. Дети находили повторяющиеся элементы орнамента, особенности линий и цветовых сочетаний; затем смотрели презентацию и короткую анимацию и создавали собственную композицию на основе изученных элементов.

Обсуждались причины исчезновения промыслов и роль мастеров, исследователей, музеев и культурных центров в их восстановлении. Презентация включала исторические образцы, современные исследовательские материалы и отдельные элементы орнамента для практической работы.

Авторский видеоматериал показывал построение силуэта, выбор и распределение орнамента и работу с ограниченной палитрой. Движение красочного пятна, гривы и хвоста лошади создавало эмоциональный переход от наблюдения к художественному действию.

В ходе многолетней педагогической практики автором наблюдалось, что короткие анимационные фрагменты способствуют более активному включению ребенка в рисование: учащиеся внимательнее следят за последовательностью и охотнее приступают к заданию. Использование анимированной визуализации в обучении изобразительному искусству рассматривалось автором ранее [1; 2]; здесь этот подход развивается за счет включения генеративных технологий в подготовку учебно-методических материалов.



Рис. 2. Видеоэлемент: фрагменты авторского анимационного материала и QR-код для просмотра.

3.1. Цифровые инструменты и разработка учебно-методических материалов

Авторский анимационный фрагмент был создан в Filmora на основе заранее нарисованного мотива: по текстовому сценарию движение получили отдельные элементы композиции. Он использовался как наглядное сопровождение перед практической работой.

Печатное пособие компоновалось с использованием ChatGPT после педагогического отбора содержания, мотивов и палитры. Инструмент применялся для объединения подготовленных элементов в лист А3 и создания упрощенного контура для младших школьников. Подобная организация соответствует тенденции развития электронных учебно-методических комплексов, объединяющих разные формы предъявления содержания [11]. Итоговый материал контролировался педагогом.

4. Материалы и методы исследования

Апробация медиа-урока проведена 1 ноября 2025 г. в Русской школе академической живописи в Токио (Япония). Участвовали 20 детей, разделенных на две возрастные группы: 6–10 и 10–14 лет.

Исходными материалами служили сведения и визуальные образцы леденгской росписи. Автором были отобраны характерные мотивы и палитра; центральным образом стала лошадка, допускающая растительные, цветочные, солярные и орнаментальные элементы.

Для групповой работы использовался демонстрационный лист А3 с декоративным образцом, отдельными мотивами, палитрой и контуром лошади. ChatGPT применялся для организации уже отобранного материала, а Filmora — для анимации авторского рисунка.

Задание дифференцировалось по возрасту: учащимся 6–10 лет предоставлялся контур лошади, чтобы сосредоточиться на цвете, ритме и декоре; учащиеся 10–14 лет самостоятельно строили форму и организовывали композицию. Использовались бумага, акварель, кисти, палитра и вода.

Методы исследования: педагогическое наблюдение, фотофиксация процесса и анализ художественных работ. Наблюдение велось во время демонстрации медиаматериалов, объяснения и самостоятельной работы; фиксировались реакция на

анимацию, переход к рисованию, использование предложенных элементов и индивидуальные изменения композиции.



Рис. 3. Демонстрация учебного пособия и анимированного материала перед началом практической работы. Токио, 1 ноября 2025 г.

5. Практическая художественная работа

Перед работой учащиеся рассматривали цветочные розетки, солярные формы, растительные завитки и другие элементы леденгской росписи, обращая внимание на повтор, ритм и соединение мотивов.

Младшие школьники работали с подготовленным контуром, старшие самостоятельно намечали силуэт и композицию. Ограниченная палитра из двух-трех основных цветов помогала сосредоточиться на форме, ритме и орнаменте.

Задача не заключалась в точном копировании исторического предмета: учащиеся действовали внутри изученной системы декоративных элементов, сохраняя возможность индивидуального решения. Такое сочетание ограничения и свободы существенно при работе с традиционным искусством: буквальное копирование ограничивает самостоятельность, а полностью свободная стилизация может привести к утрате связи с традицией.

6. Билингвальный компонент

В билингвальной среде художественное действие сопровождалось терминологией на двух языках: форма, силуэт, линия, цвет, ритм, орнамент, повтор, симметрия, композиция. Термины вводились непосредственно при анализе и выполнении соответствующего художественного действия.

Языковой компонент не выделялся в отдельное упражнение: слово связывалось с наблюдаемым явлением и художественным действием. Подобный принцип включения японских художественных техник и билингвального компонента рассматривался автором ранее [3; 4]. Последовательность занятия представлена на рисунке 4.

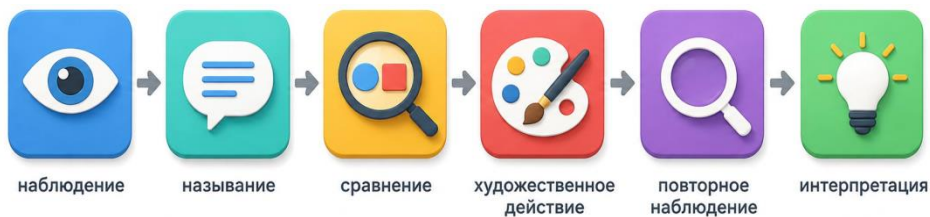


Рис. 4. Последовательность билингвального художественного действия.

7. Результаты педагогической апробации

Участники проявили интерес к восстанавливаемой традиции: задавали вопросы, сопоставляли элементы и предлагали собственные композиционные решения. Результаты рассматриваются как педагогическое наблюдение, а не статистическое доказательство эффективности; дальнейшая проверка требует единых критериев и сопоставления нескольких занятий.

Демонстрационный материал не привел к буквальному копированию: сохраняя узнаваемые элементы системы, учащиеся изменяли цвет, масштаб, расположение орнамента и силуэт. Пособие, таким образом, выступало визуальной опорой для самостоятельной работы.



Рис. 5. Работы учащихся, выполненные в ходе апробации медиа-урока.

8. Продолжение проекта в цифровой и предметной среде

После занятия в отдельных случаях семьи использовали цифровые фотографии детских рисунков для переноса изображений на текстильные сумки и чехлы. Учебная работа проходила несколько последовательных этапов преобразования: традиционный источник → педагогически адаптированный материал → художественная интерпретация ребенка → цифровая фиксация → современный предмет.

Такое продолжение позволяет понимать актуализацию восстановленного промысла не как механическое воспроизведение исторического предмета, а как перенос отдельных принципов его художественного языка в современную предметную и визуальную среду.

9. Возможности и ограничения генеративного ИИ

Генеративный ИИ сокращает техническую подготовку, помогает создавать дидактические схемы, возрастные варианты задания и композиционные модели, но одновременно создает новые риски.

Главный риск — историческая и художественная недостоверность: запрос на изображение «в стиле» определенной росписи может породить убедительную

стилизацию, смешивающую признаки разных традиций; возможны также ошибки изображения и текста.

Поэтому предлагается принцип контролируемого генеративного моделирования: ИИ применяется только после педагогического отбора источников, а результат проверяется до включения в пособие. Что является леденгской росписью, устанавливается по историческим и исследовательским источникам; генеративный инструмент используется лишь на следующем этапе — при педагогической обработке проверенного материала.

10. Обсуждение

Генеративный ИИ может рассматриваться как инструмент педагогического проектирования, особенно при создании авторских комплектов по темам с недостатком готовых материалов [6]. Исследования художественного образования также подчеркивают значение сочетания традиционных оснований с инновационными подходами и техническими возможностями [12].

Работа с восстановленным промыслом требует более строгого контроля, чем свободное творческое задание: ошибка генеративной модели способна приобрести характер культурной ошибки, если современная стилизация будет представлена как историческая традиция. Поэтому значение профессионального отбора источников и визуального анализа не уменьшается, а возрастает.

Предлагаемая модель включает три взаимосвязанных уровня: культурно-исторический — происхождение и особенности традиции; педагогический — преобразование исследовательского материала в доступное художественное задание; цифровой — применение мультимедиа и генеративных инструментов для разработки, демонстрации и дальнейшего преобразования учебного материала.

Заключение

Опыт медиа-урока показывает возможность совместного использования традиционных художественных практик, цифровых средств и генеративного ИИ. В предлагаемой модели ИИ не является источником знаний о промысле и не заменяет художественную деятельность учащегося, а поддерживает педагога при проектировании материала.

Принципиальна последовательность: источник → педагогический анализ → генеративное моделирование → экспертная проверка → учебный материал → художественная практика → рефлексия → интерпретация. Научная новизна подхода заключается в модели применения генеративного ИИ как промежуточного инструмента создания материалов по восстановленному промыслу с обязательным разграничением исторического источника, педагогической реконструкции и ИИ-генерированной визуализации.

Перспективы дальнейшего исследования — апробация модели на нескольких локальных художественных традициях, анализ типичных искажений генеративной визуализации и разработка критериев проверки ИИ-материалов перед использованием в художественно-образовательной практике.

Список литературы / References

1. Котельникова А.С. Использование медиасредств для обучения изобразительному искусству дошкольников и младших школьников // Проблемы современной науки и образования / Problems of Modern Science and Education. 2016. № 13 (55). С. 122–124. EDN WBAMCH.
2. Котельникова А.С. Использование флеш-анимации для обучения изобразительному искусству дошкольников и младших школьников // Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2016. № 6-2. С. 44–47. EDN XRXAON.

3. *Накамура А.С.* Интеграция японских художественных техник в билингвальное художественное образование на примере Русской школы академической живописи в Токио // Проблемы современной науки и образования / Problems of Modern Science and Education. 2025. № 9 (208). С. 21–29. EDN SJUBSR.
4. *Накамура А.С.* Интерактивный музейный квест как методология изучения истории искусства и развития художественных навыков у билингвальных детей // Проблемы современной науки и образования / Problems of Modern Science and Education. 2026. № 1 (212). С. 36–45.
5. *Самигова Г.А., Тилляшайхова М.А.* Инновации в художественном образовании: разработка интерактивных элементов с использованием искусственного интеллекта // Культура и технологии. 2025. Т. 10. Вып. 3. С. 141–149. DOI: 10.17586/2587-800X-2025-10-3-141-149.
6. *Войтенко В.О.* Искусственный интеллект в изобразительном искусстве как средство духовно-нравственного развития молодежи // Духовно-нравственное развитие современной молодежи как фактор самосовершенствования на основе самопознания: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ялта, 14–17 ноября 2023 г. Симферополь: Ариал, 2023. С. 9–12.
7. *Гладышева О.К., Глебова А.А., Сыроева Е.С.* Роспись Леденги: методическое пособие / сост., ред. Я.Б. Тимофеева; Центр народной культуры Вологодской области, Вологодский государственный музей-заповедник. Вологда: ЦНК, 2024. 60 с. ISBN 978-5-91965-367-7.
8. *Белов М.С.* Проблемы сохранения народных художественных промыслов Ивановской области в условиях модернизации // Журнал Института Наследия. 2017. № 1.
9. *Горбунова Г.А., Савельева О.П.* Методика изучения народных художественных промыслов в общеобразовательной школе с применением рабочих тетрадей // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.
10. *Плотникова И.Е.* Роль народного творчества в развитии ДПИ у воспитанников ДОУ // Вестник науки и образования. 2015. № 2 (4). [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceproblems.ru/rol-narodnogo-tvorchestva.html> (дата обращения: 27.08.2026).
11. *Хужаназарова Г.Г.* Использование электронного учебно-методического комплекса в образовании // Наука и образование сегодня. 2016. № 2 (3). [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceproblems.ru/using-an-electronic-educational-methodical.html> (дата обращения: 27.08.2026).
12. *Петрова М.И.* Эволюция эстетического идеала в условиях модернизации художественного образования // Academy. 2015. № 1 (1). [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceproblems.ru/evoljutsija-esteticheskogo-ideala-v-uslovijah-modernizatsii-hudozhestvennogo-obrazovaniya.html> (дата обращения: 27.08.2026).

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ПРОБЛЕМЫ НАУКИ»

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
153000, РФ, ИВАНОВСКАЯ ОБЛ., Г. ИВАНОВО,
УЛ. КРАСНОЙ АРМИИ, Д. 20, 3 ЭТАЖ, КАБ. 3-3,
ТЕЛ.: +7 (915) 814-09-51.

HTTP://WWW.IPI1.RU
E-MAIL: INFO@P8N.RU

ТИПОГРАФИЯ:
ООО «ОЛИМП».
153000, РФ, ИВАНОВСКАЯ ОБЛ., Г. ИВАНОВО,
УЛ. КРАСНОЙ АРМИИ, Д. 20, 3 ЭТАЖ, КАБ. 3-3

ИЗДАТЕЛЬ:
ООО «ОЛИМП»
153002, РФ, ИВАНОВСКАЯ ОБЛ., Г. ИВАНОВО, УЛ. ЖИДЕЛЕВА, Д. 19

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА: ВАЛЬЦЕВ СЕРГЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ,
ВОРОБЬЕВ АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОБЛЕМЫ НАУКИ». [HTTPS://WWW.SCIENCEPROBLEMS.RU](https://www.scienceproblems.ru)
ISSN 2304-2338(Print), ISSN 2413-4635(Online). EMAIL: INFO@P8N.RU, +7(915)814-09-51



Реестровая запись ПИ № ФС 77-47745



**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ»
/PROBLEMS OF MODERN SCIENCE AND EDUCATION»
В ОБЯЗАТЕЛЬНОМ ПОРЯДКЕ РАССЫЛАЕТСЯ:**

1. ФГБУ "Российская государственная библиотека".
Адрес: 143200, г. Можайск, ул. 20-го Января, д. 20, корп. 2.
2. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.
Адрес: 127006, г. Москва, ГСП-4, Страстной б-р, д.5.
3. Библиотека Администрации Президента Российской Федерации.
Адрес: 103132, г. Москва, Старая площадь, д. 8/5.
4. Парламентская библиотека Российской Федерации.
Адрес: 125009, г. Москва, ул. Охотный Ряд, д. 1.
5. Научная библиотека Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (МГУ), Москва.
Адрес: 119192, г. Москва, Ломоносовский просп., д. 27.

ПОЛНЫЙ СПИСОК НА САЙТЕ ЖУРНАЛА: [HTTPS://IPI1.RU](https://ipi1.ru)



Вы можете свободно делиться (обмениваться) — копировать и распространять материалы и создавать новое, опираясь на эти материалы, с ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ указанием авторства. Подробнее о правилах цитирования: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.ru>

ЦЕНА СВОБОДНАЯ