



ISSN (p) 2712-9489

ISSN (e) 2542-1026

№ 6/2026

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«COGNITIO RERUM»**

Москва
2026

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «COGNITIO RERUM»

Учредитель:
Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна»

ISSN (p) 2412-9489

ISSN (e) 2542-1026

Периодичность: 1 раз в месяц

Журнал размещается в Научной электронной библиотеке
elibrary.ru по договору №511-08/2015 от 06.08.2015

Журнал размещен в международном каталоге
периодических изданий Ulrich's Periodicals Directory.

Верстка: Мартиросян О.В.
Редактор/корректор: Мартиросян Г.В.

Учредитель, издатель и редакция
научного журнала «IN SITU»

Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна»:
<https://aeterna-ufa.ru> <https://sciartel.ru>
info@aeterna-ufa.ru info@sciartel.ru
+7 (347) 266 60 68 +7 (495) 514 80 82
450057, ул. Пушкина 120

Подписано в печать 15.06.2026 г.
Формат 60x90/8
Усл. печ. л. 18.80
Тираж 500.

Отпечатано
в редакционно-издательском отделе
Научно-издательского центра «Аэтерна»
<https://aeterna-ufa.ru> <https://sciartel.ru>
info@aeterna-ufa.ru info@sciartel.ru
+7 (347) 266 60 68 +7 (495) 514 80 82

Цена свободная. Распространяется по подписке.

Все статьи проходят экспертную проверку. Точка зрения редакции не
всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.

Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за
сам факт их публикации. Редакция не несет ответственности перед
авторами и/или третьими лицами за возможный ущерб, вызванный
публикацией статьи.

При использовании и заимствовании материалов, опубликованных в
научном журнале, ссылка на журнал обязательна

Главный редактор:

Сукиасян Асатур Альбертович, к.э.н.

Редакционный совет:

Абидова Гулмира Шухратовна, д.т.н.

Авазов Сардоржон Эркин углы, д.с.-х.н.

Агафонов Юрий Алексеевич, д.м.н.

Алейникова Елена Владимировна, д.гос.упр.

Алиев Закир Гусейн оглы, д.фил.агр.н.

Ашрапов Баходурджон Пулотович, к.фил.н.

Бабаян Анжела Владиславовна, д.пед.н.

Баишева Зилия Вагизовна, д.фил.н.

Булатова Айсылу Ильдаровна, к.соц.н.

Бурак Леонид Чеславович, к.т.н., PhD

Ванесян Ашот Саркисович, д.м.н.

Васильев Федор Петрович, д.ю.н., член РАЮН

Вельчинская Елена Васильевна, д.фарм.н.

Виневская Анна Вячеславовна, к.пед.н.

Габрус Андрей Александрович, к.э.н.

Галимова Гузалия Абкадировна, к.э.н.

Гетманская Елена Валентиновна, д.пед.н.

Гимранова Гузель Хамидуловна, к.э.н.

Григорьев Михаил Федосеевич, к.с.-х.н.

Грузинская Екатерина Игоревна, к.ю.н.

Гулиев Игбал Адилевич, к.э.н.

Датий Алексей Васильевич, д.м.н.

Долгов Дмитрий Иванович, к.э.н.

Дусматов Абдурахим Дусматович, к. т. н.

Ежкова Нина Сергеевна, д.пед.н.

Екшиев Тагер Кадырович, к.э.н.

Епхиева Марина Константиновна, к.пед.н., проф. РАЕ

Ефременко Евгений Сергеевич, к.м.н.

Закиров Мунавир Закиевич, к.т.н.

Зарипов Хусан Баходирович, PhD.

Иванова Нионила Ивановна, д.с.-х.н.

Калужина Светлана Анатольевна, д.х.н.

Канарейкин Александр Иванович, к.т.н.

Касимова Дилара Фаритовна, к.э.н.

Кирикосян Сусана Арсеновна, к.ю.н.

Киркимбаева Жумагуль Слямбековна, д.вет.н.

Кленина Елена Анатольевна, к.филос.н.

Клещина Марина Геннадьевна, к.э.н.,

Козлов Юрий Павлович, д.б.н., заслуженный эколог РФ

Кондрашихин Андрей Борисович, д.э.н.

Конопацкова Ольга Михайловна, д.м.н.

Куликова Татьяна Ивановна, к.псих.н.

Курбанаева Лилия Хамматовна, к.э.н.

Курманова Лилия Рашидовна, д.э.н.

Ларионов Максим Викторович, д.б.н.

Мальшкина Елена Владимировна, к.и. н.

Маркова Надежда Григорьевна, д.пед.н.

Мещерякова Алла Брониславовна, к.э.н.

Мухамадеева Зинфира Фанисовна, к.соц.н.

Мухамедова Гулчехра Рихсибаевна, к.пед.н.

Набиев Тухтамурод Сахобович, д.т.н.

Песков Аркадий Евгеньевич, к.полит.н.

Половения Сергей Иванович, к.т.н.

Пономарева Лариса Николаевна, к.э.н.

Почивалов Александр Владимирович, д.м.н.

Прошин Иван Александрович, д.т.н.

Саттарова Рано Кадыровна, к.биол.н.

Сафина Зилия Забировна, к.э.н.

Симонович Николай Евгеньевич, д.псих. н., академик РАЕН

Сирик Марина Сергеевна, к.ю.н.

Смирнов Павел Геннадьевич, к.пед.н.

Старцев Андрей Васильевич, д.т.н.

Танаева Замфира Рафисовна, д.пед.н.

Терзиев Венелин Кръстев, д.э.н., член РАЕ

Умаров Бехзод Тургунпулатович, д.т.н.

Хайров Расим Золимхон углы, к.пед.н.

Хамзаев Иномжон Хамзаевич, к. т. н.

Хасанов Сайдинаби Сайдвалиевич, д.с.-х.н.

Чернышев Андрей Валентинович, д.э.н.

Чиладзе Георгий Бидзинович, д.э.н., д.ю.н., член РАЕ

Шилкина Елена Леонидовна, д.соц.н.

Шкирмонтов Александр Прокопьевич, д.т.н., член-РАЕ

Шляхов Станислав Михайлович, д.физ.-мат.н.

Шошин Сергей Владимирович, к.ю.н.

Юсупов Рахимьян Галимьянович, д.и. н.

Яковишина Татьяна Федоровна, д.т.н.

Яруллин Рауль Рафаэллович, д.э.н., член РАЕ

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Львов О.С. ЛАГРАНЖЕВ АНАЛИЗ НЕРЕЛЯТИВИСТСКИХ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ	8
---------------------------------------------------------------------------	---

МАТЕМАТИКА

Dinh Cong Dat ANALYSIS STABILITY CONTROL AND CALCULATING PERIODIC OSCILLATION OF A SINGLE-LINK FLEXIBLE MANIPULATOR	20
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

БИОЛОГИЯ

Reyimov D., Chommulova M., Saryyeva A. BRAND TRUST AND BIOSECURITY: THE STRATEGIC CONVERGENCE OF MARKETING AND SANITARY EXPERTISE IN DAIRY VALUE CHAINS	35
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Reyimov D., Abayev M., Bayramova B. TRUST IN THE VALUE CHAIN: THE ALIGNMENT OF MEAT MARKETING AND SANITARY-VETERINARY EXPERTISE	39
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tran Thi Tram THEORY OF BEAM OSCILLATION IN THE FREQUENCY DOMAIN	41
----------------------------------------------------------------------------	----

Tran Thi Tram KINEMATICS CALCULATION OF A 4-JOINT ROBOT	45
-------------------------------------------------------------------	----

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Reyimov D., Charyyev G., Kakayeva A. THE DUAL NEXUS: MARKET INTEGRATION AND SANITARY EXPERTISE IN AGRICULTURAL VALUE CHAINS	51
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Allamyradova A., Meredova M. THE ALGORITHMIC ENGINE: STRUCTURAL ARCHITECTURES, DECENTRALIZED NETWORKS, AND COGNITIVE CAPITAL IN THE DIGITAL ECONOMY	55
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Allamyradova A., Melayeva A. THE BITSTREAM ENGINE: SYNTHETIC ECOSYSTEMS, CRYPTOGRAPHIC CAPITAL, AND AUTONOMOUS AUTOMATION IN THE DATA-SYNTHEZED VALUE NETWORK	57
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Amanova M., Myratdurdyeva A. THE ROLE OF UNIVERSITIES IN SUPPORTING YOUTH ENTERPRENEURSHIP	60
------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Annadurdyeva A., Gulmyradova B. INNOVATIVE ADVERTISING AND MARKETING STRATEGIES IN PRIVATE ENTERPRISES AND THEIR INFLUENCE ON CUSTOMER ENGAGEMENT	63
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Atalyyev A., Muhammetberdiyev H. THE ROLE OF LEADERSHIP IN ORGANIZATION SUCCESS: IN THE CASE OF "MAKSATLY TURKMEN"	66
Atayeva N., Babayeva O., Beglerova L., Taganov P. COGNITIVE LOAD THEORY, CONSTRUCTIVIST FRAMEWORKS, AND QUANTITATIVE MASTERY IN MATHEMATICAL EDUCATION	68
Найыева В., Меретберdiyев Н. NEUROECONOMICS AND NEUROMARKETING: INTEGRATING NEUROSCIENCE WITH ECONOMIC DECISION-MAKING	71
Hanallyev A., Garlyyev Sh., Hekimova O. ECONOMETRIC ARCHITECTURES, STOCHASTIC DYNAMICS, AND ALGORITHMIC EQUILIBRIUM IN MATHEMATICAL AGRIBUSINESS	74
Hanallyev A., Begendikov A., Palvanova O. THE BINARY CONTINUUM: ABSTRACT ALGEBRA, CRYPTOGRAPHIC FABRICS, AND THE MATHEMATICAL ARCHITECTURE OF THE DIGITAL IMPERATIVE	76
Hudayberdiyeva N., Nurmyradov A. EFFECTIVENESS OF DIGITAL MARKETING AND SOCIAL MEDIA STRATEGIES ON CUSTOMER ENGAGEMENT	79
Meredov A., Myratdurdyeva A. DIGITALIZATION PRACTICES AND THEIR IMPACT ON MANAGEMENT OPERATIONAL OPTIMIZATION AND CUSTOMER SERVICE IN CASE OF "TUT" COMPANY	81
Myradova J., Nurmyradov A. IMPACT OF FINANCIAL TECHNOLOGY ON TRADITIONAL BANKING SERVICES: RISKS AND ADVANTAGES	84
Рахманов М. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИГР В ЭКОНОМИЧЕСКОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ И СТРАТЕГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ БИЗНЕСА	87
Хазраткулов С. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ	89
ФИЛОСОФИЯ	
Карачунский В.А. ЛОГИКА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ	93
ПЕДАГОГИКА	
Do Tien Thiet PHYSICAL EDUCATION AT THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY IN THE TREND OF FUNDAMENTAL EDUCATIONAL REFORMATION	100
Do Tien Thiet SELECT SOME SUPPLEMENTARY EXERCISES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF HIGH-HAND SERVICE TECHNIQUE FOR K70 STUDENTS OF THE NIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY	102

Рашидова Д.А., Мирзошарипова Н. 106
МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПЕРЕВОДЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕВОДЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ

Рашидова Д.А., Ахмедова А.Х. 109
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

МЕДИЦИНА

Абдалов Б.Ш. 115
КЛИНИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ СИНОАТРИАЛЬНОЙ ЗОНЫ СЕРДЦА И ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКИХ ДОСТУПОВ ПРИ МИНИИНВАЗИВНОЙ КОРРЕКЦИИ АРИТМИЙ

Абдалов Б.Ш. 117
КРАНИОМЕТРИЧЕСКОЕ И ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДОСТУПОВ К СТРУКТУРАМ ЗАДНЕЙ ЧЕРЕПНОЙ ЯМКИ

Аллабердиева Дж.Б. 120
ВАРИАНТНАЯ ТОПОГРАФИЯ ВОЗВРАТНОГО ГОРТАННОГО НЕРВА И ОКОЛОЩИТОВИДНЫХ ЖЕЛЕЗ КАК ФАКТОР РИСКА ПРИ ПОВТОРНЫХ ОПЕРАЦИЯХ НА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЕ

Аллабердиева Дж.Б. 123
АНАТОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПОРТОВ ПРИ АРТРОСКОПИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ НА КОЛЕННОМ СУСТАВЕ

Аманова С. 125
ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРАВИЛ НОШЕНИЯ ОДЕЖДЫ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Атаджанова Г.Д. 127
АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ «БЕЗОПАСНЫХ ЗОН» ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПИЦ И ВИНТОВ ПРИ ОПЕРАТИВНОЙ ФИКСАЦИИ ПЕРЕЛОМОВ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

Атаева Б.Ч., Ширбердиева Г.Ч. 130
КЛИНИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ ГЕРПЕТИЧЕСКОГО СТОМАТИТА У ДЕТЕЙ: ОСОБЕННОСТИ, ФОРМЫ И ОСЛОЖНЕНИЯ

Мергенов А.Т. 133
ВАРИАНТНАЯ АНАТОМИЯ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОРИЕНТИРЫ ВНЕЧЕРЕПНОГО ОТДЕЛА ЛИЦЕВОГО НЕРВА ПРИ РАДИКАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ НА ШЕЕ

Мергенов А.Т. 135
ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕТВЕЙ БРЮШНОЙ АОРТЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В МАЛОИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ ЖЕЛУДКА

Таджибаева О.Б. 138
АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ ПОЧКИ И ИХ РОЛЬ В ОПЕРАТИВНОЙ ХИРУРГИИ

Таджибаева О.Б. 141
АНАТОМИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ СОСУДОВ И ЖЕЛЧНЫХ ПРОТОКОВ ПЕЧЕНИ И ИХ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Хемраева Дж.Б. 143
ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРЕЦИЗИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕГЕТАТИВНЫХ НЕРВНЫХ СПЛЕТЕНИЙ ТАЗА ПРИ РАДИКАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ НА ПРЯМОЙ КИШКЕ

Хемраева Дж.Б. 146
ПРИКЛАДНАЯ АНАТОМИЯ МЕЖРЕБЕРНЫХ ПРОМЕЖУТКОВ ПРИ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ДЕФЕКТОВ ГРУДНОЙ СТЕНКИ В ОПЕРАТИВНОЙ ТОРАКАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ

ВЕТЕРИНАРИЯ

Reyimov D., Gulov Y., Hanova N. 150
THE BIOSECURITY BENCHMARK: ALIGNING MARKETING STRATEGY AND SANITARY EXPERTISE IN THE EGG VALUE CHAIN

ПСИХОЛОГИЯ

Галиуллин А.Р., Покровская Т.Ю. 154
ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ ГИМНАСТИКОЙ НА ПСИХОМОТОРНЫЕ ФУНКЦИИ И УВЕРЕННОСТЬ В СЕБЕ У СТУДЕНТОВ

СОЦИОЛОГИЯ

Галиуллин А.Р., Покровская Т.Ю. 159
КОМАНДНЫЕ ВИДЫ СПОРТА КАК ФАКТОР СОЦИАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ



ФИЗИКА

УДК 501+ 530.19

Львов Олег Сергеевич

НПО «Рубин», в настоящее время пенсионер
г. Пенза, РФ**ЛАГРАНЖЕВ АНАЛИЗ НЕРЕЛЯТИВИСТСКИХ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ****Аннотация**

Лагранжев вариационный метод анализа физических процессов, в частности релятивистских волновых систем, облегчает поиск их импульсно-энергетических и других показателей. Однако в известной форме указанный метод неприемлем при анализе нерелятивистских волновых процессов.

В настоящей работе предлагается модификация указанного метода для возможности анализа нерелятивистских волновых (макроскопических) процессов. В качестве примера рассматривается анализ волновых уравнений ЭМП в диэлектрических средах и акустических волновых уравнений в жидкости.

Ключевые слова:

волновое поле, волновые уравнения, лагранжиан, инерциальная система отсчета (ИСО), тензор энергии импульса (ТЭИ).

Lvov Oleg Sergeevich

SPO "Rubin", currently retired

LAGRANGIAN ANALYSIS OF NON-RELATIVISTIC WAVE PROCESSES**Abstract**

The Lagrange variational method for analyzing physical processes, in particular relativistic wave systems, facilitates the search for their momentum-energy and other indicators. However, in its known form, this method is unacceptable for analyzing non-relativistic wave processes.

In this paper, we propose a modification of this method to enable the analysis of non-relativistic wave (macroscopic) processes. As an example, we consider the analysis of electromagnetic wave equations in dielectric media and acoustic wave equations in liquids

Keywords:

wave field, wave equations, lagrangian, inertial frame of reference, energy-momentum tensor.

Введение

Побуждающим фактором публикации настоящей работы явилась уникальная ситуация, сложившаяся в части макроскопического описания электродинамических явлений в диэлектрических средах, характеризующаяся тем, что более ста лет не было полной ясности относительно импульсно-энергетических показателей ЭМП в указанных средах.

Уравнения свободного ЭМП в неподвижной диэлектрической среде, впервые найденные Максвеллом в 1861 г., в настоящее время записываются в следующей векторной форме

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}, \operatorname{div} \mathbf{B} = \mathbf{0}, \operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}, \operatorname{div} \mathbf{D} = 0. \quad (1)$$

Здесь величины $\mathbf{E}, \mathbf{B}, \mathbf{D}, \mathbf{H}$ представляют векторы напряженности и индукции электрического и магнитного полей. В случае покоящейся среды при учете соотношений $\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E}$, $\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$ уравнения электродинамики могут быть записаны в виде зависимостей только от напряженностей ЭМП

$$\text{rot } \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}, \text{ div } \mathbf{B} = \mathbf{0}, \text{ rot } \mathbf{B} = \frac{\varepsilon \mu}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}, \text{ div } \mathbf{E} = 0. \quad (2)$$

После создания в 1905 г. А. Эйнштейном специальной теории относительности (СТО) Г. Минковским была предложена геометрическая интерпретация СТО и проработан релятивистский вариант теории электромагнетизма [1]. Им были введены антисимметричные 4-тензоры напряженности ЭМП F^{ik} , построенные на основе векторов \mathbf{E} и \mathbf{B} , и подобные 4-тензоры индукции ЭМП H^{ik} , построенные на основе векторов \mathbf{D} и \mathbf{H} . Им также были предложены тензорные релятивистские уравнения ЭМП, записываемые для свободного поля в следующей форме

$$\varepsilon^{ijkl} \frac{\partial F_{kl}}{\partial x^j} = 0 \text{ и } \frac{\partial H^{ik}}{\partial x^k} = 0. \quad (3)$$

Здесь ε^{ijkl} – 4-тензор Леви-Чевиты, $\varepsilon^{0123} = 1$.

В приведенных и последующих формулах индексы, обозначенные латинскими буквами, принимают последовательные значения 0, 1, 2, 3, а индексы, обозначенные греческими буквами – значения 1, 2, 3.

Уравнения (3) имеют явную релятивистскую форму. Уравнения (1) также принято считать релятивистски инвариантными [1-5] при условии, что компоненты векторов \mathbf{E} , \mathbf{B} и \mathbf{D} , \mathbf{H} при переходе в подвижную ИСО трансформируются как компоненты тензоров F^{ik} и, соответственно, H^{ik} .

Представление ЭМП в форме явных релятивистских уравнений (3) явилось серьезной ошибкой Минковского, не замеченной вплоть до последнего времени (2025 г.). Макроскопические уравнения ЭВМ в среде, характеризующиеся скоростью ЭМ волн, меньшей скорости света в вакууме, не могут быть представлены в явной релятивистской форме. Другой ошибкой Минковского при релятивистском описании ЭМП в среде явилось использование двух тензоров 4-пространства F^{ik} и H^{ik} , что затруднило применение вариационного метода анализа ЭМП. Указанная ситуация явилась причиной неудачных попыток получить корректное выражение для тензора энергии-импульса ЭМП в диэлектрической среде.

По мнению автора, оптимальным решением при релятивистском описании ЭМП в среде является использование единого антисимметричного тензора напряженности поля, построенного на основе двух векторов скорректированных известных напряженностей электрического и магнитного полей.

В работах автора [6, 7, 8] рассмотрен вариант решения указанной проблемы при использовании определенного подобия уравнений ЭМП в вакууме и диэлектрической среде. При получении новых уравнений здесь в некоторых расчетах неявно использовался модифицированный вариационный метод Лагранжа. Настоящая же статья посвящена коррекции известного метода Лагранжа [9, с. 112-117] и решению скорректированным методом нерелятивистских волновых уравнений, в частности уравнений электродинамики в диэлектрической среде и уравнений гидроакустики.

Коррекция метода Лагранжа для нерелятивистского волнового поля

Суть коррекции метода Лагранжа заключается в том, что все вариационные процедуры, касающиеся анализа исследуемых уравнений, производятся в специальном 4-пространстве, связанным с рассматриваемой средой

$$x^{*k}: x^{*0} = v_{*c} t, x^{*1} = x, x^{*2} = y, x^{*3} = z. \quad (4)$$

В 4-пространстве (4) обобщенная временная координата 4-пространства Минковского $x^0 = ct$ заменяется величиной $x^{*0} = v_{*c} t$, где v_{*c} представляет наблюдаемую скорость исследуемой волны. В ИСО покоя среды $v_{*c} = v_c = \text{const}$, а пространственные координаты совпадают с координатами Минковского. Предполагается, что в излагаемом варианте вариационный метод Лагранжа остается в силе при замене скорости света в пустоте скоростью распространения волн в рассматриваемой среде.

В случае подвижной среды координаты x^{*k} по-прежнему остаются связанными с исследуемой

средой, а их значения определяются преобразованиями Лоренца исходных пространственно-временных координат x^{*k} в системе покоя среды.

Наблюдаемыми показателями волнового поля (ВП) являются его динамические переменные $F^{(i)}$, представляемые скалярными, векторными или тензорными величинами. При теоретическом анализе ВП в качестве его показателей используются также дополнительные, не наблюдаемые явно переменные величины $q^{(i)}$ – потенциалы наблюдаемых динамических переменных. При этом динамические переменные $F^{(i)}$ являются дифференциальными образованиями от потенциалов.

Исходными показателями волнового процесса считаются его потенциалы. При этом из формул связи потенциалов с динамическими переменными могут следовать некоторые дифференциальные соотношения для динамических переменных, представляющие первичные волновые уравнения.

Основные волновые уравнения изучаемого процесса определяются из известного вариационного соотношения

$$\frac{\partial}{\partial x^{*k}} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_{,*k}^{(i)}} - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q^{(i)}} = 0. \quad (5)$$

Здесь $q^{(i)}$ – потенциалы, характеризующие исследуемый волновой процесс, $q_{,*k}^{(i)} \equiv \frac{\partial q^{(i)}}{\partial x^{*k}}$ – частные производные от потенциалов $q^{(i)}$ по координате x^{*k} специального 4-пространства (4).

$\mathcal{L} = \mathcal{L}(q^{(i)}, q_{,*k}^{(i)})$ – лагранжиан волновой системы, представляющий плотность действия волнового процесса.

Фактически изначально известны волновые уравнения (ВУ) системы, связывающие в неподвижной среде ее динамические показатели $F^{(i)}$. В процессе предварительного анализа на основе известных ВУ выбираются потенциалы и лагранжиан, обеспечивающие получение названных ВУ.

Тензор энергии-импульса ВП определяется из вариационной формулы

$$T_i^k = \frac{\partial q^{(p)}}{\partial x^{*i}} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_{,*k}^{(p)}} - \delta_i^k \mathcal{L}. \quad (6)$$

Ковариантные и контравариантные компоненты ТЭИ в прямоугольной системе координат при метрике с сигнатурой (+ – – –) отвечают выражениям

$$T_{00} = T^{00} = T_0^0, \quad T_{0\alpha} = -T^{0\alpha} = -T_0^\alpha, \quad T_{\alpha\beta} = T^{\alpha\beta} = -T_\alpha^\beta. \quad (7)$$

Получаемый на основе формул (6, 7) контравариантный тензор T^{ik} называется каноническим, Его истоки равны нулю, то есть $\frac{\partial T^{ik}}{\partial x^{*k}} = 0$. Последнее обстоятельство отвечает сохранению полных энергии и импульса волнового поля. Однако канонический тензор T^{ik} в общем случае не симметричен, и поэтому не обеспечивает сохранения полного момента импульса поля.

Для получения правильного ТЭИ ВП производится его симметризация путем добавления поправки, обеспечивающей сохранение нулевых истоков ТЭИ. Указанная поправка должна иметь вид

$$\frac{\partial}{\partial x^{*l}} \psi^{ikl}, \quad \text{где } \psi^{ikl} = -\psi^{ilk} \text{ некоторая функция от } q^{(i)} \text{ и } q_{,*k}^{(i)}. \quad (8)$$

При этом в силу антисимметрии ψ^{ikl} по индексам kl $\frac{\partial}{\partial x^{*k}} \left(\frac{\partial}{\partial x^{*l}} \psi^{ikl} \right) = 0$, что обеспечивает сохранение полных энергии и импульса волнового поля.

Компонента ТЭИ T^{00} представляет плотность энергии ВП. Компоненты плотности импульса ВП S^α определяются произведением соответствующих компонент ТЭИ $T^{\alpha 0}$ на фактическую скорость исследуемой волны v_{*c} в рассматриваемой ИСО, деленную на c^2 с целью перехода от плотности переносимой энергии к плотности массы. Величины $T^{\alpha\beta}$ представляют компоненты пространственного тензора напряжений в среде.

В справедливости соотношения $\frac{\partial T^{ik}}{\partial x^{*k}} = \frac{\partial}{\partial x^k} T_i^k = 0$ можно убедиться непосредственной проверкой. Действительно, принимая во внимание определение ТЭИ (6), получим

$$\frac{\partial}{\partial x^k} T_i^k = \frac{\partial}{\partial x^k} \left(\frac{\partial q^{(p)}}{\partial x^{*i}} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_{,*k}^{(p)}} \right) - \frac{\partial}{\partial x^k} \delta_i^k \mathcal{L} = \frac{\partial}{\partial x^k} \left(\frac{\partial q^{(p)}}{\partial x^{*i}} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_{,*k}^{(p)}} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x^i}.$$

Преобразуя последний член приведенного выражения и подставляя в промежуточный результат значение величины $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q^{(p)}}$ из уравнения (5), имеем

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x^i} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q^{(p)}} \frac{\partial q^{(p)}}{\partial x^{*i}} + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_{,*k}^{(p)}} \frac{\partial q_{,*k}^{(p)}}{\partial x^{*i}} = \frac{\partial}{\partial x^{*k}} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_{,*k}^{(p)}} \right) \frac{\partial q^{(p)}}{\partial x^{*i}} + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_{,*k}^{(p)}} \frac{\partial^2 q^{(p)}}{\partial x^{*k} \partial x^{*i}} = \frac{\partial}{\partial x^k} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_{,*k}^{(p)}} \frac{\partial q^{(p)}}{\partial x^{*i}} \right).$$

Итоговое выражение для $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x^i}$ показывает справедливость равенства $\frac{\partial}{\partial x^k} T_i^k = 0$.

В случае движущейся среды наблюдаемая скорость волны v_{*c} зависит от направления ее распространения и определяется релятивистским сложением векторов скорости движения среды и скорости волны в неподвижной среде. Поэтому при анализе процесса с наличием волн различного направления необходим отдельный расчет плотностей импульсов для каждой волны. При этом полный импульс ВП определяется суммированием импульсов отдельных волн. Из вышесказанного следует, что компоненты ТЭИ $T^{0\alpha}$ и $T^{\alpha 0}$ определяют не компоненты плотности импульса, а компоненты вектора координатного растекания энергии волн.

Плотность момента импульса отдельных волн в случае неподвижной среды может быть вычислена по формуле $M^{ijk} = (T^{ik} x^{*j} - T^{jk} x^{*i}) \frac{v_c}{c^2}$. В случае подвижной среды для каждой волны указывается ее фактическая скорость v_{*c} .

Первичный анализ удобно производить в ИСО, отвечающей неподвижной среде. При этом скорость любой волны равняется постоянной величине, характерной для исследуемого волнового процесса. Например, при анализе ЭМП в диэлектрической среде скорость волн в неподвижной среде $v_c = c/\sqrt{\epsilon\mu}$. В гидроакустических системах $v_c = \sqrt{K/\rho_0}$, где K – модуль объемной упругости среды, ρ_0 – ее плотность в невозмущенном состоянии.

ВУ в произвольной ИСО могут быть получены при использовании лоренцевых преобразований ВУ в ИСО покоя среды.

Для получения уравнений ЭМП в среде, движущейся в произвольном направлении с относительной скоростью $\beta = v/c$, используются формулы прямого и обратного преобразования Лоренца [10]

$$ct' = \gamma ct - \beta_\delta \gamma x^\delta, \quad x'^\alpha = x^\alpha + \frac{\beta_\alpha \beta_\delta}{\beta^2} (\gamma - 1) x^\delta - \gamma \beta_\alpha ct, \quad (9)$$

$$ct = \gamma ct' + \beta_\delta \gamma x'^\delta, \quad x^\alpha = x'^\alpha + \frac{\beta_\alpha \beta_\delta}{\beta^2} (\gamma - 1) x'^\delta + \gamma \beta_\alpha ct', \quad \text{где } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (10)$$

Как правило, в прикладных задачах скорость движения среды значительно меньше скорости света. Поэтому при переходе в подвижную ИСО можно использовать упрощенные прямые и обратные преобразования Лоренца, которые с точностью до малых величин первого порядка по β имеют вид

$$ct' = ct - \beta_\delta x^\delta, \quad x'^\alpha = x^\alpha - \beta_\alpha ct, \quad (11)$$

$$ct = ct' + \beta_\delta x'^\delta, \quad x^\alpha = x'^\alpha + \beta_\alpha ct'. \quad (12)$$

Первоначально с помощью преобразований Лоренца (12) производится выражение показателей ВП в ИСО покоя среды через показатели ВП в движущейся ИСО $F^{(i)} = f^{(i)}(F'^{(i)})$. Далее полученные значения $F^{(i)}$ подставляются в исходные ВУ исследуемого процесса и производится переход от дифференцирования по координатным переменным x^k к дифференцированию по переменным подвижной ИСО x'^k с помощью подстановок вида

$$\begin{aligned} \frac{\partial F'^{(i)}}{\partial x^k} &= \frac{\partial F'^{(i)}}{\partial x'^l} \frac{\partial x'^l}{\partial x^k} = \delta_{k0} \left(\frac{\partial F'^{(i)}}{\partial ct'} \frac{\partial ct'}{\partial ct} + \frac{\partial F'^{(i)}}{\partial x'^\sigma} \frac{\partial x'^\sigma}{\partial ct} \right) + \delta_{k\alpha} \left(\frac{\partial F'^{(i)}}{\partial ct'} \frac{\partial ct'}{\partial x^\alpha} + \frac{\partial F'^{(i)}}{\partial x'^\sigma} \frac{\partial x'^\sigma}{\partial x^\alpha} \right) \approx \\ &\approx \delta_{k0} \frac{\partial F'^{(i)}}{\partial ct'} - \delta_{k0} \beta_\sigma \frac{\partial F'^{(i)}}{\partial x'^\sigma} - \delta_{k\sigma} \beta_\sigma \frac{\partial F'^{(i)}}{\partial ct'} + \delta_{k\sigma} \frac{\partial F'^{(i)}}{\partial x'^\sigma}, \quad ct = x^0, \quad ct' = x'^0. \end{aligned} \quad (13)$$

При этом используются преобразования Лоренца (11). После некоторых упрощений получаются итоговые ВУ в подвижной среде вида

$$C_{N(k)} \frac{\partial}{\partial x'^k} F'^{(k)} = 0, \quad (14)$$

где N - порядковый номер уравнения, а $C_{N(k)}$ - некоторые постоянные величины, зависящие от скорости исследуемой волны и скорости движения ИСО.

Анализ уравнений ЭМП в среде методом Лагранжа

При анализе уравнений ЭМП в среде методом Лагранжа в качестве исходных данных используются уравнения Максвелла (2). Нетрудно понять, что в рассматриваемом случае величинам $F'^{(i)}$, используемым в анализе Лагранжа, отвечают релятивистские напряженности ЭМП F^{ik} , а величине v_c отвечает выражение $c/\sqrt{\varepsilon\mu}$.

Компоненты векторов напряженностей поля \mathbf{E} и \mathbf{B} здесь представляют компоненты известного тензора ЭМП [5, с. 381].

$$F^{ik} = \begin{vmatrix} 0 & -E_1 & -E_2 & -E_3 \\ E_1 & 0 & -B_3 & B_2 \\ E_2 & B_3 & 0 & -B_1 \\ E_3 & -B_2 & B_1 & 0 \end{vmatrix}.$$

Помимо известных показателей ЭМП, используемых в теории Максвелла, вводятся в рассмотрение новые формальные показатели, необходимые для корректного представления ТЭИ ЭМП в покоящейся и подвижной среде. В частности, вводятся:

1. Новые показатели напряженности ЭМП, определенные в 4-пространстве СТО в форме антисимметричных тензоров G^{ik} , построенных на основе 3-векторов \mathbf{L} и \mathbf{M} , подобно тензору вакуумного ЭМП F^{ik} , построенному на основе векторов напряженностей электрического и магнитного полей \mathbf{E} и \mathbf{B} [9, с. 92].

$$G^{ik} = \begin{vmatrix} 0 & -L_1 & -L_2 & -L_3 \\ L_1 & 0 & -M_3 & M_2 \\ L_2 & M_3 & 0 & -M_1 \\ L_3 & -M_2 & M_1 & 0 \end{vmatrix}, \quad G_{ik} = \begin{vmatrix} 0 & L_1 & L_2 & L_3 \\ -L_1 & 0 & -M_3 & M_2 \\ -L_2 & M_3 & 0 & -M_1 \\ -L_3 & -M_2 & M_1 & 0 \end{vmatrix}. \quad (15)$$

В системе покоя среды указанные векторы отвечают выражениям $\mathbf{L} = \sqrt{\varepsilon}\mathbf{E}$ и $\mathbf{M} = \mathbf{B}/\sqrt{\mu} = \sqrt{\mu}\mathbf{H}$. При переходе в подвижную ИСО, компоненты векторов \mathbf{L} и \mathbf{M} , являясь компонентами тензоров G^{ik} , преобразуются согласно закономерностям СТО.

2. Новые показатели 4-потенциалов ЭМП в среде \mathcal{A}_i , компоненты которых в специальной системе координат (4) удовлетворяют соотношениям

$$\frac{\partial \mathcal{A}_l}{\partial x'^k} - \frac{\partial \mathcal{A}_k}{\partial x'^l} = G_{kl}. \quad (16)$$

Потенциалы \mathcal{A}_i в принципе могут быть определены через компоненты векторов \mathbf{L} и \mathbf{M} при использовании известных интегральных методов. Возможно также первоначальное задание потенциалов \mathcal{A}_i при последующем определении векторов \mathbf{L} и \mathbf{M} .

Из соотношения (16) следует первая группа волновых уравнений

$$\frac{\partial G_{kl}}{\partial x'^m} + \frac{\partial G_{lm}}{\partial x'^k} + \frac{\partial G_{mk}}{\partial x'^l} = 0. \quad (17)$$

Здесь k, l, m - любые три последовательных индекса из закольцованной группы индексов 0, 1, 2, 3. Уравнения (17) можно переписать в форме

$$\varepsilon^{iklm} \frac{\partial G_{lm}}{\partial x'^k} = \frac{\partial \tilde{G}^{lk}}{\partial x'^k} = 0, \quad \text{где } \tilde{G}^{lk} = \varepsilon^{iklm} G_{lm}. \quad (18)$$

Ниже приводится явный вид тензора \tilde{G}^{lk}

$$\tilde{G}^{ik} = \frac{\varepsilon^{iklm} G_{lm}}{2} = \begin{pmatrix} 0 & -M_1 & -M_2 & -M_3 \\ M_1 & 0 & L_3 & -L_2 \\ M_2 & -L_3 & 0 & L_1 \\ M_3 & L_2 & -L_1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (19)$$

Лагранжиан ЭМП может быть представлен в следующем виде

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{16\pi} G_{ik} G^{ik} = -\frac{1}{16\pi} \left(\frac{\partial \mathcal{A}_k}{\partial x^{*i}} - \frac{\partial \mathcal{A}_i}{\partial x^{*k}} \right) G^{ik} = \frac{\mathbf{L}^2 - \mathbf{M}^2}{8\pi}. \quad (20)$$

Исходя из лагранжиана (20) при использовании вариационной формулы (5) получаем вторую группу уравнений ЭМП

$$\frac{\partial}{\partial x^{*k}} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mathcal{A}_{l,*k}} = \frac{1}{4\pi} \frac{\partial}{\partial x^{*k}} G^{ik} = 0. \quad (21)$$

В системе покоя среды уравнения первой группы (18) принимают вид

при $i = 0$ $-\frac{\partial M_1}{\partial x^1} - \frac{\partial M_2}{\partial x^2} - \frac{\partial M_3}{\partial x^3} = 0, \text{ div } \mathbf{M} = 0,$
 при $i = 1$ $\frac{\partial M_1}{\partial x^{*0}} + \frac{\partial L_3}{\partial x^2} - \frac{\partial L_2}{\partial x^3} = 0, \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \frac{\partial M_1}{\partial t} = -(\text{rot } \mathbf{L})_1.$

Окончательно в векторной форме имеем

$$\text{rot } \mathbf{L} = -\frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \frac{\partial \mathbf{M}}{\partial t}, \text{ div } \mathbf{M} = 0. \quad (22)$$

Для второй группы уравнений в ИСО покоя среды при учете выражения (21) аналогично получаем

$$\text{rot } \mathbf{M} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \frac{\partial \mathbf{L}}{\partial t}, \text{ div } \mathbf{L} = 0. \quad (23)$$

Объединяя (22) и (23), получаем систему векторных уравнений ЭМП

$$\text{rot } \mathbf{L} = -\frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \frac{\partial \mathbf{M}}{\partial t}, \text{ div } \mathbf{M} = 0, \text{ rot } \mathbf{M} = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c} \frac{\partial \mathbf{L}}{\partial t}, \text{ div } \mathbf{L} = 0. \quad (24)$$

Подставляя в (24) выражения $\mathbf{L} = \sqrt{\varepsilon} \mathbf{E}, \mathbf{M} = \mathbf{V} / \sqrt{\mu}$, справедливые для неподвижной среды, получаем известные уравнения электродинамики (2). Заметим, что принятые выражения $\mathbf{L} = \sqrt{\varepsilon} \mathbf{E}$ и $\mathbf{M} = \mathbf{V} / \sqrt{\mu}$ являются единственно возможными линейными связями \mathbf{L}, \mathbf{M} величин с напряженностями ЭМП \mathbf{E} и \mathbf{V} , обеспечивающими получение правильного вида уравнений ЭМП (2).

Следует отметить, что тензор G^{ik} отличается от родственного тензора \tilde{G}^{lk} заменой компонент $\mathbf{M} \rightarrow \mathbf{L}$ и $\mathbf{L} \rightarrow -\mathbf{M}$. Та же ситуация имеет место и в части уравнений ЭМП в \mathbf{L}, \mathbf{M} представлении (22) и (23).

Тензор энергии-импульса ЭМП, определяемый по формуле (6) для лагранжиана поля (20) $\mathcal{L} = -\frac{1}{16\pi} \left(\frac{\partial \mathcal{A}_k}{\partial x^{*i}} - \frac{\partial \mathcal{A}_i}{\partial x^{*k}} \right) G^{ik}$, имеет вид

$$T_i^k = -\frac{1}{4\pi} \frac{\partial \mathcal{A}_l}{\partial x^{*i}} G^{kl} + \frac{1}{16\pi} \delta_i^k G_{lm} G^{lm}.$$

Для контравариантных компонент получаем выражение

$$T^{ik} = -\frac{1}{4\pi} \frac{\partial \mathcal{A}^l}{\partial x^{*i}} G_l^k + \frac{1}{16\pi} g^{ik} G_{lm} G^{lm}. \quad (25)$$

Последний тензор не симметричен. Для его симметризации добавляется величина $\frac{1}{4\pi} \frac{\partial \mathcal{A}^i}{\partial x^{*l}} G^{kl}$, которая удовлетворяет необходимому соотношению $\frac{\partial}{\partial x^{*k}} \left(\frac{1}{4\pi} \frac{\partial \mathcal{A}^i}{\partial x^{*l}} G^{kl} \right) = 0$. Такая процедура сохраняет нулевые истоки тензора T^{ik} и полный момент импульса ЭМП. После симметризации ТЭИ ЭМП получаем выражение

$$T^{ik} = \frac{1}{4\pi} \left(-G^{il} G_l^k + \frac{1}{4} g^{ik} G_{lm} G^{lm} \right), \quad (26)$$

которое справедливо в произвольной ИСО.

При записи в векторной форме компоненты ТЭИ ЭМП (26) в произвольной ИСО и ИСО покоя

среды (предоконечные и конечные выражения) имеют следующий вид:

$$T^{00} = \frac{\mathbf{L}^2 + \mathbf{M}^2}{8\pi} = \frac{1}{8\pi} (\varepsilon \mathbf{E}^2 + \mu \mathbf{H}^2), \quad (27.1)$$

$$T^{0\alpha} = T^{\alpha 0} = \frac{1}{4\pi} (\mathbf{L} \times \mathbf{M})^\alpha = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{4\pi} (\mathbf{E} \times \mathbf{H})^\alpha, \quad (27.2)$$

$$\begin{aligned} T^{\alpha\beta} &= \frac{1}{4\pi} (-L^\alpha L^\beta - M^\alpha M^\beta) + \frac{\delta^{\alpha\beta}}{8\pi} (\mathbf{L}^2 + \mathbf{M}^2) = \\ &= \frac{1}{4\pi} (-\varepsilon E^\alpha E^\beta - \mu H^\alpha H^\beta) + \frac{\delta^{\alpha\beta}}{8\pi} (\varepsilon \mathbf{E}^2 + \mu \mathbf{H}^2). \end{aligned} \quad (27.3)$$

Компоненты плотности импульса в произвольной ИСО отвечают соотношениям

$$S^\alpha = \frac{v_{*c}}{c^2} T^{0\alpha} = \frac{v_{*c}}{4\pi c^2} (\mathbf{L} \times \mathbf{M})^\alpha, \quad (28)$$

где v_{*c} – наблюдаемая скорость движения исследуемой волны.

Вариант ИСО, движущейся вдоль направления распространения синусоидальной волны, рассмотрен в статье [6], где показано, что плотность энергии и плотность ее потока соответствуют приведенными ниже выражениям

$$\begin{aligned} w &= T^{00} = \frac{\mathbf{L}^2 + \mathbf{M}^2}{8\pi} = \frac{\omega^2}{4\pi c^2} \frac{1-\beta}{1+\beta}, \\ S^1 &= v_{*c} T^{01} = \frac{v_{*c}}{4\pi} (\mathbf{L} \times \mathbf{M})^1 = \frac{\omega^2}{4\pi c} \frac{1-\beta n}{n-\beta} \frac{1-\beta}{1+\beta}. \end{aligned}$$

Здесь $\frac{1-\beta n}{n-\beta}$ относительная скорость движения волны в рассматриваемой ИСО, ω – частота волновых колебаний, $n = \sqrt{\varepsilon\mu}$. Амплитуды электрической и магнитной напряженности в ИСО покоя среды \mathbf{L} и \mathbf{M} здесь равны ω/c .

В той же работе [6] получены уравнения ЭМП в произвольной ИСО, записанные в формальных \mathbf{L} , \mathbf{M} напряженностях ЭМП. Ниже рассматривается вариант записи указанных уравнений в привычных \mathbf{E} , \mathbf{B} напряженностях ЭМП.

Новые уравнения ЭМП в векторной форме для случая подвижной среды могут быть получены исходя из уравнений (2) для неподвижной среды путем лоренцевых преобразований координат и показателей ЭМП (см. Приложение А). Они имеют следующий вид:

$$\text{rot}' \mathbf{E}' = -\frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'}, \quad (29.1)$$

$$\text{div}' \mathbf{B}' = 0, \quad (29.2)$$

$$\text{rot}' \mathbf{B}' = \varepsilon\mu \frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'} - (\varepsilon\mu - 1) \left((\boldsymbol{\beta} \cdot \nabla) \mathbf{E}' + \boldsymbol{\beta} \times \frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'} \right), \quad (29.3)$$

$$\text{div}' \mathbf{E}' - (\varepsilon\mu - 1) \boldsymbol{\beta} \cdot \frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'} = 0. \quad (29.4)$$

Заметим, что первая пара уравнений ЭМП сохраняет вид при переходе в подвижную среду. Хотя указанные уравнения (29.1) и (29.2) были получены приближенным методом, они абсолютно точны. Такая ситуация следует из релятивистского характера первой пары уравнений (2), что явно проявляется при их записи в тензорной форме (см. первое уравнение (3)).

Не сложно убедиться, что при $\boldsymbol{\beta} = 0$ полученные уравнения отвечают уравнениям ЭМП в неподвижной среде (2), а при $\varepsilon\mu = 1$ – вакуумным уравнениям свободного ЭМП [9, с. 98, 109].

Вариационный анализ уравнений гидроакустики

Придерживаясь [11], в качестве динамических показателей гидроакустического процесса выберем вектор скорости колебательного движения точек жидкости - \mathbf{v} и приращение давления в ее точках - p . Также нас будут интересовать начальные значения давления жидкости p_0 и ее плотности ρ_0 , а также скорость распространения звуковых волн $v_c = \sqrt{K/\rho_0} = \sqrt{\frac{\partial p_0}{\partial \rho_0}} = \sqrt{p/\rho}$. Здесь K – модуль объемной упругости среды, ρ – приращение ее плотности. Из определения v_c следует соотношение $\rho = p/v_c^2$.

Известные уравнения распространения звуковых волн в ИСО покоя жидкой среды имеют вид

$$\rho_0 \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \text{grad}(p) = 0, \quad (30,1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + v_c^2 \rho_0 \text{div}(\mathbf{v}) = 0. \quad (30,2)$$

Плотность энергии звуковых волн при этом отвечает выражению

$$W = \frac{\rho_0 v^2}{2} + \frac{v_c^2 \rho^2}{2\rho_0} = \frac{\rho_0 v^2}{2} + \frac{p^2}{2\rho_0 v_c^2}. \quad (31)$$

Для того чтобы выразить все неизвестные величины через одну переменную удобно ввести потенциал скорости движения среды φ . Пусть $\mathbf{v} = \text{grad } \varphi$. При этом из уравнения (30.1) получим $p = -\rho_0 \frac{\partial \varphi}{\partial t}$. Справедливо и обратное утверждение: первое волновое уравнение (30.1) следует из определения динамических показателей процесса \mathbf{v} и p через потенциальную функцию φ .

Лагранжиан волнового процесса выберем в виде

$$\mathcal{L} = -\frac{\rho_0}{2} \frac{\partial \varphi}{\partial x'^k} \frac{\partial \varphi}{\partial x'^k} = -\frac{\rho_0}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{v_c' \partial t'^*} \frac{\partial \varphi}{v_c' \partial t'^*} - \frac{\partial \varphi}{\partial x'^\alpha} \frac{\partial \varphi}{\partial x'^\alpha} \right). \quad (32)$$

Здесь индекс * указывает на специальное 4-пространство (4). а индекс ' указывает на случай произвольной ИСО.

В ИСО покоя среды $v_c' = v_c$, $x^{*0} = x_{*0} = v_c \partial t$, $x^{*\alpha} = -x_{*\alpha} = x^\alpha$ и

$$\mathcal{L} = -\frac{\rho_0}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{v_c \partial t} \frac{\partial \varphi}{v_c \partial t} - \frac{\partial \varphi}{\partial x^\alpha} \frac{\partial \varphi}{\partial x^\alpha} \right) = \frac{\rho_0 v^2}{2} - \frac{p^2}{2\rho_0 v_c^2}. \quad (33)$$

Уравнение волнового процесса в ИСО покоя среды

$$\frac{\partial}{\partial x'^k} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \varphi_{,k}} = -\rho_0 \left(\frac{\partial}{v_c \partial t} \frac{\partial \varphi}{v_c \partial t} - \frac{\partial}{\partial x^\alpha} \frac{\partial \varphi}{\partial x^\alpha} \right) = \frac{\rho_0 \partial}{v_c \partial t} \frac{p}{v_c} + \frac{\rho_0 \partial}{\partial x^\alpha} v^\alpha = \frac{1}{v_c^2} \frac{\partial p}{\partial t} + \rho_0 \text{div } \mathbf{v} = 0.$$

Это уравнение эквивалентно ранее указанному уравнению (30.2).

Тензор энергии-импульса в произвольной ИСО имеет вид

$$T_i'^k = \frac{\partial \varphi}{\partial x'^i} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \varphi_{,i'k}} - \delta_i^k \mathcal{L}. \quad (34)$$

В ИСО покоя среды его компоненты отвечают выражениям

$$T^{00} = T_0^0 = \frac{\partial \varphi}{\partial x'^0} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \varphi_{,0'}} - \delta_i^k \mathcal{L} = \rho_0 v^2 - \delta_i^k \left(\frac{\rho_0 v^2}{2} - \frac{p^2}{2\rho_0 v_c^2} \right) = \frac{\rho_0 v^2}{2} + \frac{p^2}{2\rho_0 v_c^2}, \quad (35.1)$$

$$T^{0\alpha} = T^{\alpha 0} = -T_0^\alpha = -\rho_0 \frac{\partial \varphi}{\partial x'^0} \frac{\partial \varphi}{\partial x^\alpha} = \frac{p v^\alpha}{v_c}, \quad (35.2)$$

$$T^{\alpha\beta} = -T_\alpha^\beta = \rho_0 \frac{\partial \varphi}{\partial x^\alpha} \frac{\partial \varphi}{\partial x^\beta} + \delta_\alpha^\beta \mathcal{L} = \rho_0 v^\alpha v^\beta - \delta_\alpha^\beta \left(\frac{\rho_0 v^2}{2} - \frac{p^2}{2\rho_0 v_c^2} \right), \quad (35.3)$$

$$s^\alpha = v_c T^{0\alpha} = p v^\alpha, \quad \mathbf{s} = p \mathbf{v}. \quad (35.4)$$

Здесь \mathbf{s} – вектор Пойтинга.

Принимая во внимание, что динамические показатели $\frac{\partial \varphi}{\partial x'^0} = -\frac{p}{\rho_0 v_c}$ и $\frac{\partial \varphi}{\partial x'^\alpha} = v_\alpha$ могут рассматриваться как компоненты 4-вектора пространства Минковского V в ИСО покоя среды, можно записать лагранжиан, ТЭИ и уравнения волнового акустического поля в следующем виде

$$\mathcal{L} = -\frac{\rho_0}{2} V^k V_k, \quad (36)$$

$$T_i^j = -\rho_0 \left[V_i V^j - \frac{1}{2} \delta_i^j (V_k V^k) \right], \quad (37)$$

$$\frac{\partial V^\alpha}{\partial x'^0} + \frac{\partial V^0}{\partial x'^\alpha} = 0, \quad \frac{\partial V^0}{\partial x'^0} + \frac{\partial V^\alpha}{\partial x'^\alpha} = 0. \quad (38)$$

Два первых выражения справедливы в пространстве Минковского для произвольной ИСО, последние выражения справедливы в ИСО покоя среды (4).

Уравнения акустической волны в пространстве Минковского в подвижной среде при умеренной скорости ее движения можно получить, применяя преобразования Лоренца (11, 12) к уравнениям (38). Преобразуя потенциалы поля в соответствии с формулами (11) получаем

$$V^0 = V'^0 + \beta_\delta V'^\delta, \quad V^\alpha = V'^\alpha + \beta_\alpha V'^0. \quad (39)$$

После подстановки (39) в первую формулу (38) имеем

$$\frac{\partial V'^{\alpha}}{v_c \partial t} + \beta_{\alpha} \frac{\partial V'^0}{v_c \partial t} + \frac{\partial V'^0}{\partial x^{\alpha}} + \beta_{\delta} \frac{\partial V'^{\delta}}{\partial x^{\alpha}} = 0 \text{ или } \frac{\partial V'^{\alpha}}{c \partial t} + \beta_{\delta} \frac{\partial V'^0}{c \partial t} + \frac{v_c}{c} \frac{\partial V'^0}{\partial x^{\alpha}} + \frac{v_c}{c} \beta_{\delta} \frac{\partial V'^{\delta}}{\partial x^{\alpha}} = 0.$$

Здесь можно исключить последний член второго порядка малости ($\frac{v_c}{c}$ наряду с β считается малой величиной). Переходя к производным подвижной ИСО при использовании формул (12) и исключая члены второго порядка малости, окончательно получим

$$\frac{\partial V'^{\alpha}}{c \partial t'} - \beta_{\delta} \frac{\partial V'^{\alpha}}{\partial x'^{\delta}} + \beta_{\alpha} \frac{\partial V'^0}{c \partial t'} + \frac{v_c}{c} \frac{\partial V'^0}{\partial x'^{\alpha}} = 0. \quad (40)$$

Применяя подобные процедуры ко второму уравнению (38), последовательно получаем

$$\frac{\partial V'^0}{v_c \partial t} + \beta_{\delta} \frac{\partial V'^{\delta}}{v_c \partial t} + \frac{\partial V'^{\delta}}{\partial x^{\delta}} + \beta_{\sigma} \frac{\partial V'^{\sigma}}{\partial x'^{\delta}} = 0, \quad \frac{\partial V'^0}{c \partial t} + \beta_{\delta} \frac{\partial V'^{\delta}}{c \partial t} + \frac{v_c}{c} \frac{\partial V'^{\delta}}{\partial x^{\delta}} + \frac{v_c}{c} \beta_{\sigma} \frac{\partial V'^{\sigma}}{\partial x'^{\delta}} = 0,$$

$$\text{Окончательно } \frac{\partial V'^0}{c \partial t'} - \beta_{\delta} \frac{\partial V'^0}{\partial x'^{\delta}} + \beta_{\delta} \frac{\partial V'^{\delta}}{c \partial t'} + \frac{v_c}{c} \frac{\partial V'^{\delta}}{\partial x'^{\delta}} = 0. \quad (41)$$

Отметим, что при $\beta = 0$ уравнения (40, 41) совпадают с уравнениями (38).

Заключение

Поскольку известный вариационный метод лагранжева анализа физических полей применим лишь в случае их релятивистского представления, предлагается модификация указанного метода для случая нерелятивистских волновых полей.

При обосновании нового метода используется известная методика доказательства, однако волновое поле первоначально рассматривается в ИСО покоящейся среды в специальном 4-пространстве, где обобщенная временная переменная представлена временем, умноженным на скорость распространения волновых колебаний в рассматриваемой среде. С целью корректного анализа на основе наблюдаемых динамических переменных волнового процесса вводятся их формальные 4-потенциалы. При этом исходные динамические переменные являются частными производными от введенных потенциалов в указанном специальном 4-пространстве.

Для получения динамических показателей и уравнений волнового процесса в движущейся среде производится их пересчет в новую ИСО с помощью известных преобразований Лоренца. При этом используются координатные переменные 4-пространства Минковского, где обобщенная временная переменная представляет текущее время процесса, умноженное на скорость света в вакууме - c .

Правильность скорректированного вариационного метода Лагранжа подтверждается совпадением ряда полученных результатов с известными результатами анализа волновых процессов другими методами.

Приложение А

С целью перехода к уравнениям ЭМП в движущейся среде производится запись значений показателей ЭМП в неподвижной среде \mathbf{E}, \mathbf{B} через их значения в движущейся среде \mathbf{E}', \mathbf{B}' при использовании формул (12). Первоначально выразим значение компоненты электрической напряженности E_1 в ИСО покоя среды через значения напряженностей ЭМП в произвольной ИСО

$$\begin{aligned} E_1 = F^{10} &= \frac{\partial x^1}{\partial x'^1} \frac{\partial x^0}{\partial x'^0} F'^{10} + \frac{\partial x^1}{\partial x'^0} \frac{\partial x^0}{\partial x'^1} F'^{01} + \frac{\partial x^1}{\partial x'^{\delta}} \frac{\partial x^0}{\partial x'^1} F'^{\delta 1} + \frac{\partial x^1}{\partial x'^1} \frac{\partial x^0}{\partial x'^{\delta}} F'^{1\delta} \approx \\ &\approx F'^{10} + \beta_2 F'^{12} + \beta_3 F'^{13} = E'_1 - \beta_2 B'_3 + \beta_3 B'_2 = E'_1 - (\boldsymbol{\beta} \times \mathbf{B}')_1. \end{aligned} \quad (A.1)$$

Аналогично получим выражение для магнитной компоненты поля B_1

$$B_1 = F^{32} \approx F'^{32} + \beta_3 F'^{02} + \beta_2 F'^{30} = B'_1 - \beta_3 E'_2 + \beta_2 E'_3 = B'_1 + (\boldsymbol{\beta} \times \mathbf{E}')_1.$$

Принимая во внимание выражения подобного вида для E_2, E_3, B_2, B_3 , получим векторные формулы

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}' - \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{B}', \quad \mathbf{B} = \mathbf{B}' + \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{E}'. \quad (A.2)$$

Подставляя найденные значения \mathbf{E} и \mathbf{B} в исходные уравнения ЭМП (2) получим следующие выражения

$$\begin{aligned} \text{rot}(\mathbf{E}' - \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{B}') &= -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} (\mathbf{B}' + \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{E}'), \text{div}(\mathbf{B}' + \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{E}') = \mathbf{0}, \\ \text{rot}(\mathbf{B}' + \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{E}') &= \frac{\varepsilon\mu}{c} \frac{\partial}{\partial t} (\mathbf{E}' - \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{B}'), \text{div}(\mathbf{E}' - \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{B}') = \mathbf{0}. \end{aligned}$$

После преобразования по формулам векторного анализа для $\text{rot}(\mathbf{A} \times \mathbf{B})$ и $\text{div}(\mathbf{A} \times \mathbf{B})$ при учете $\boldsymbol{\beta} = \text{const}$ и исключения членов второго порядка малости по $\boldsymbol{\beta}$ получим следующие промежуточные выражения

$$\begin{aligned} \text{rot} \mathbf{E}' - \boldsymbol{\beta} \text{div} \mathbf{B}' + (\boldsymbol{\beta} \cdot \nabla) \mathbf{B}' &= -\frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t} - \boldsymbol{\beta} \times \frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t}, \text{div} \mathbf{B}' - \boldsymbol{\beta} \cdot \text{rot} \mathbf{E}' = \mathbf{0}, \\ \text{rot} \mathbf{B}' + \boldsymbol{\beta} \text{div} \mathbf{E}' - (\boldsymbol{\beta} \cdot \nabla) \mathbf{E}' &= \varepsilon\mu \left(\frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t} - \boldsymbol{\beta} \times \frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t} \right), \text{div} \mathbf{E}' + \boldsymbol{\beta} \cdot \text{rot} \mathbf{B}' = \mathbf{0}. \end{aligned}$$

Далее, переходя в векторных операторах от производных по x^k к производным по x'^k при использовании формул (11), после удаления членов второго порядка малости получаем следующие уравнения

$$\begin{aligned} \text{rot}' \mathbf{E}' - \boldsymbol{\beta} \times \frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'} - \boldsymbol{\beta} \text{div}' \mathbf{B}' + \beta_\sigma \frac{\partial \mathbf{B}'}{\partial x'^\sigma} &= -\frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'} + \beta_\sigma \frac{\partial \mathbf{B}'}{\partial x'^\sigma} - \boldsymbol{\beta} \times \frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'}, \\ \text{div}' \mathbf{B}' - \boldsymbol{\beta} \cdot \frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'} - \boldsymbol{\beta} \cdot \text{rot}' \mathbf{E}' &= \mathbf{0}, \\ \text{rot}' \mathbf{B}' - \boldsymbol{\beta} \times \frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'} + \boldsymbol{\beta} \text{div}' \mathbf{E}' - \beta_\sigma \frac{\partial \mathbf{E}'}{\partial x'^\sigma} &= \varepsilon\mu \left(\frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'} - \beta_\sigma \frac{\partial \mathbf{E}'}{\partial x'^\sigma} - \boldsymbol{\beta} \times \frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'} \right), \\ \text{div}' \mathbf{E}' - \boldsymbol{\beta} \cdot \frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'} + \boldsymbol{\beta} \cdot \text{rot}' \mathbf{B}' &= \mathbf{0}. \end{aligned}$$

После сокращения идентичных членов и некоторых упрощений получим

$$\begin{aligned} \text{rot}' \mathbf{E}' - \boldsymbol{\beta} \text{div}' \mathbf{B}' &= -\frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'}, \text{div}' \mathbf{B}' - \boldsymbol{\beta} \cdot \left(\frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'} + \text{rot}' \mathbf{E}' \right) = \mathbf{0}, \\ \text{rot}' \mathbf{B}' + \boldsymbol{\beta} \text{div}' \mathbf{E}' &= \varepsilon\mu \frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'} - (\varepsilon\mu - 1) \left((\boldsymbol{\beta} \cdot \nabla) \mathbf{E}' + \boldsymbol{\beta} \times \frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'} \right), \\ \text{div}' \mathbf{E}' - \boldsymbol{\beta} \cdot \left(\frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'} - \text{rot}' \mathbf{B}' \right) &= \mathbf{0}. \end{aligned}$$

Принимая во внимание, что величины $\text{div}' \mathbf{B}'$ и $\text{div}' \mathbf{E}'$ согласно второму и четвертому уравнениям являются малыми величинами первого порядка по $\boldsymbol{\beta}$ в первом и третьем уравнении можно исключить вторые члены ввиду их малости. Также ввиду исключительной малости можно пренебречь вторым членом во втором уравнении. Окончательные уравнения ЭМП первого порядка малости в подвижной среде примут вид

$$\text{rot}' \mathbf{E}' = -\frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'}, \tag{A.3}$$

$$\text{div}' \mathbf{B}' = \mathbf{0}, \tag{A.4}$$

$$\text{rot}' \mathbf{B}' = \varepsilon\mu \frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'} - (\varepsilon\mu - 1) \left((\boldsymbol{\beta} \cdot \nabla) \mathbf{E}' + \boldsymbol{\beta} \times \frac{\partial \mathbf{B}'}{c \partial t'} \right), \tag{A.5}$$

$$\text{div}' \mathbf{E}' - (\varepsilon\mu - 1) \boldsymbol{\beta} \cdot \frac{\partial \mathbf{E}'}{c \partial t'} = \mathbf{0}. \tag{A.6}$$

Список использованной литературы:

1. Minkovsky German. Die Grundgleichungen für die elektromagnetischen Vorgänge in bewegten Körpern. // Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse: с. 53–111. 1908.
2. Скобельцын Д.В. О тензоре импульс-энергии электромагнитного поля. // УФН, 1973, № 6, с. 253–292.
3. В.Л. Гинзбург, В.А. Угаров. Несколько замечаний о силах и тензоре энергии-импульса в макроскопической электродинамике. // УФН, 1976, № 1, Т 118, вып. 1, с. 175-188.

4. Тамм И.Е. Основы теории электричества: Учеб. пособие для вузов. 11-е изд., испр. и доп. М. ФИЗМАТЛИТ, 2003. 616 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, том VIII. Электродинамика сплошных сред // 4-е изд., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 656 с.
6. Львов О.С. Тензор энергии-импульса и уравнения электромагнитного поля в однородной среде // Научный журнал «COGNITIO RERUM» № 6/2025, с. 10-19.
7. Львов О.С. Замечания к статье “Тензор энергии-импульса и уравнения электромагнитного поля в однородной среде” // Научный журнал «COGNITIO RERUM» № 7/2025, с. 6-8.
8. Львов О.С. “Расширение нового описания ЭМП в однородной среде и оценка значимости известных и новых показателей ЭМП” // Научный журнал «COGNITIO RERUM» № 8/2025, с. 12-16.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, том II. Теория поля // 8-е изд., М. ФИЗМАТЛИТ, 2003, 536 с.
10. Википедия // an.wikipedia.org/wiki/Lorentz_transformation.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. // 5-е изд., М. ФИЗМАТЛИТ, 2001, 736 с.

© Львов О.С., 2026



МАТЕМАТИКА

Dinh Cong DatHanoi University of Mining and Geology,
Vietnam Corresponding author, E-mail address: dinhcongdat@humg.edu.vn**ANALYSIS STABILITY CONTROL AND CALCULATING PERIODIC OSCILLATION
OF A SINGLE-LINK FLEXIBLE MANIPULATOR****Abstract**

In robot manipulators operating at high speeds, the elastic vibration of links is inevitable. The present paper deals with problem of analysis stability control and calculation periodic oscillation of a single-link flexible manipulator. First, linearize the motion equations of flexible robot around the basic motion based on a Taylor expansion. Then, analyze the stability control and calculate the periodic oscillation based on Floquet stability theory. The proposed procedure is demonstrated and verified by the model of a flexible single-link manipulator.

Keywords:

flexible manipulator, linearization, Taylor expansion, stability control, periodic oscillation.

1. Introduction

Recently, flexible robots have been used in space technology, nuclear reactors, medical engineering, and many other fields. Flexibility, small volume, high speed, and low power consumption are advantages over rigid robots. However, the elastic displacements created by flexible links are the main cause of questions about position accuracy, structure stability and vibration. Some scientists have done research to solve those problems. However, the research results obtained are still relatively small and need to be studied further.

Bayo et al. [1] and Asada et al. [2] have proposed two different algorithms for calculating the torques required to move the end effector of flexible manipulators. A brief description about the development of stable and vibration analysis of flexible manipulators has been depicted here.

The assumed mode method has been used to study the stability and vibration of flexible manipulators. Chiou and Shahinpoor [3] analyzed the stability limitations for force-controlled two-link flexible manipulator and compared it with the model considering rigid body dynamics. Poppelwell and Chang [4] determined the natural frequencies of single link flexible manipulator when the center of the payload does not coincide with manipulator end. Coleman [5] analyzed the vibration eigen-frequency of a flexible slewing beam with a payload attached at one end using wave propagation method. The results showed that the large frequencies are asymptotically identical to those for the clamped free beam independent of the payload. Li et al. [6] investigated the accurate modes of a flexible-link and flexible-joint manipulator. Yigit [7] investigated the stability of independent joint PD control for a two-link rigid-flexible manipulator. For the flexible manipulator investigated in this paper, the fundamental frequency is primarily influenced by the payload mass, while the second frequency is primarily influenced by the payload inertia. Choura and Yigit [8] analyzed the control of a two-link rigid-flexible manipulator with a moving payload mass. Ata et al. [9] investigated the effect of different sets of initial and boundary conditions on the joints torques of two-link flexible manipulator. The elastic deflection for each link has been computed using the assumed mode method for four modes of vibration. Simulation results have been presented to analyze the effect of boundary conditions on the required hub torque for both the links. Ding and Shen [10] demonstrated that assumed mode method have a good accuracy to predict the displacement of the endpoint of the manipulator by comparing the results obtained by assumed mode method and absolute nodal coordinate formulation. It has been concluded that the AMM is not efficient for analyzing the strength of robotic manipulator.

Using the singular perturbation approach, X. Yang et al. [11] investigated the tracking control of a two-link flexible manipulator by adaptive sliding mode control scheme and linear quadratic regulator control method. With the proposed control, the closed-loop stability under unknown disturbances has been proven. Using the numerical method. Kumar and Pratiher [12] investigated the free vibration of a two-link flexible manipulator. The eigenfrequency equation has been solved numerically to obtain the eigenspectrums of the system analytically. The nonlinear analysis has been accomplished to demonstrate the effect of parametric variation on the stability of the system.

In this study, the linearization problem of the non-linear equations governing the motion of flexible manipulators in the vicinity of periodic fundamental motion is addressed. A stable control algorithm is proposed based on the Floquet standard, which calculates the periodic oscillation in stable cases of a single-link flexible manipulator.

2. Dynamics of a single-link flexible manipulator

2.1. Fundamental motion of the flexible manipulator

The fundamental motion of the manipulator is the virtual rigid link motion of the link OE [2] such as fig 1.

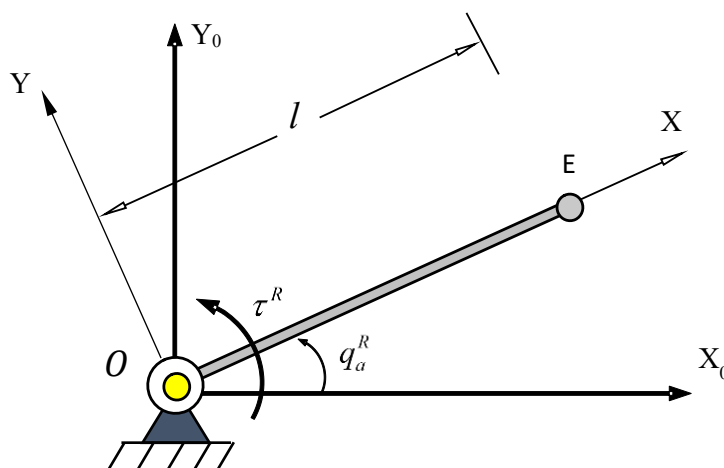


Figure 1 – Single-link rigid manipulator

From the virtual rigid link motion, the position of the point E on the link is given as

$$x_E^R = l \cos q_a^R(t), \quad y_E^R = l \sin q_a^R(t) \tag{1}$$

The mass moment of inertia of the virtual rigid link with respect to point O takes the form

$$J_O = \frac{1}{3} r A l^3 + m_E l^2 + J_1, \tag{2}$$

where J_1 is the mass moment of inertia of link 1 (including the motor) with respect to point O, r is the density of beam and A is the sectional area of beam, m_E is the mass of the payload. Using the momentum theorem, it follows that

$$\left(\frac{1}{3} r A l^3 + m_E l^2 + J_1\right) \ddot{q}_a^R(t) = -m_{OE} g \frac{l}{2} \cos q_a^R(t) - m_E g l \cos q_a^R(t) + \tau^R(t) \tag{3}$$

Assuming the motion rule of the drive has the following form

$$q_a^R(t) = \frac{p}{2} + \frac{p}{2} \sin(2pt) \tag{4}$$

By differentiating Eq (4) and then substituting the obtained result into Eq. (3) we have

$$\begin{aligned} \tau^R(t) = & - 2p^3 \left(\frac{1}{3} rAl^3 + m_E l^2 + J_1 \right) \sin(2pt) \\ & + m_{OE} g \frac{l}{2} \cos\left(\frac{p}{2} + \frac{p}{2} \sin(2pt)\right) + m_E g l \cos\left(\frac{p}{2} + \frac{p}{2} \sin(2pt)\right) \end{aligned} \quad (5)$$

From Eq. (4) the position of the point E on the link is given as

$$x_E^R = l \cos q_a^R(t) = l \cos\left(\frac{p}{2} + \frac{p}{2} \sin(2pt)\right); y_E^R = l \sin q_a^R(t) = l \sin\left(\frac{p}{2} + \frac{p}{2} \sin(2pt)\right) \quad (6)$$

2.2 Equations of motion of a single – link flexible manipulator.

Using the floating frame of reference approach [15], in this subsection we set up the motion equations for a single-link flexible manipulator. Consider a single-link flexible manipulator OE of length l with a rotor located at the hut and a payload at the free end. As shown in Fig.2, the end of the link is attached to the O point (including the motor) revolving around the O axis, at the E of the link carries mass m_E . The link is considered as homogeneous beam with the area A .

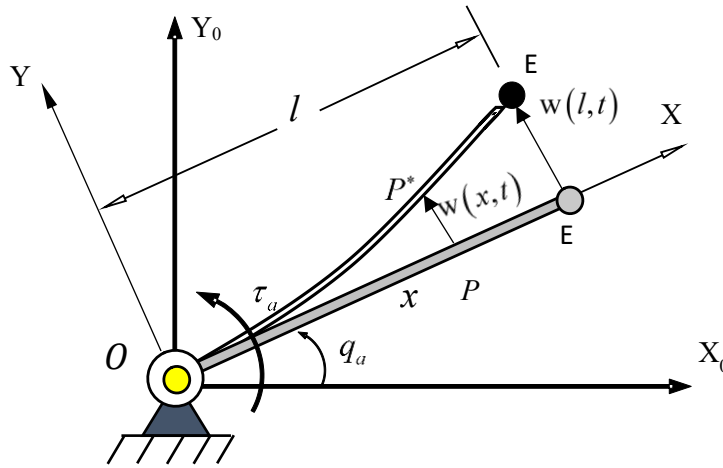


Figure 2 – Single-link flexible manipulator

To describe the kinematics, the position of point P on the flexible beam is given as

$$\begin{aligned} x_p &= x \cos q_a - w(x,t) \sin q_a \\ y_p &= x \sin q_a + w(x,t) \cos q_a \end{aligned} \quad (7)$$

Differentiation of Eq. (7) yields

$$v_p^2 = \dot{x}_p^2 + \dot{y}_p^2 = (w^2 + x^2)(\dot{q}_a)^2 + \dot{w}^2 + 2xw\dot{q}_a \quad (8)$$

It follows that

$$v_E^2 = (w_E^2 + l^2)(\dot{q}_a)^2 + \dot{w}_E^2 + 2lw_E\dot{q}_a \quad (9)$$

The Euler-Bernoulli beam theory and Ritz-Galerkin method are applied to the flexible manipulator with assuming that the deformation in the longitudinal direction is negligibly small. Let the transverse deformation of the beam be written as

$$w(x,t) = \mathbf{e} \sum_{i=1}^N X_i(x) q_{ei}(t), w_E = \mathbf{e} \sum_{i=1}^N X_i(l) q_{ei}(t), \quad (10)$$

where $q_{ei}(t)$ are unknown generalized coordinates of transverse deformation, $X_i(x)$ are a set of mode

shapes of transverse deformation of a clamped- free beam and N is the number of modes used to describe the deflection of the flexible link. The mode shapes are given as [16]

$$X_i(x) = \cos(b_i x) - \cosh(b_i x) + \frac{\cos b_i l + \cosh b_i l}{\sin b_i l + \sinh b_i l} (-\sin(b_i x) + \sinh(b_i x)) \tag{11}$$

The kinetic energy of the flexible manipulator shown in Fig. 1 is given by

$$T = T_1 + T_E + T_{OE} = \frac{1}{2} J_1 (\dot{q}_a)^2 + \frac{1}{2} m_E v_E^2 + \frac{1}{2} \int_0^l r A v_p^2 dx, \tag{12}$$

where J_1 is the mass moment of inertia of link 1 (including the motor) with respect to the point O, m_E is the mass of the point E, rA is the mass per unit length of the beam.

By substitution of Eqs. (7), (8), (9) and (10) into Eq. (11), we obtain the kinetic energy of system

$$T = (\frac{1}{2} J_1 + \frac{1}{2} m_E l^2 + \frac{1}{6} r A l^3) (\dot{q}_a)^2 + \frac{1}{2} m_E [w_E^2 (\dot{q}_a)^2 + v_E^2 + 2w_E \dot{q}_a] + \frac{1}{2} r A \int_0^l w^2 dx + \frac{1}{2} r A (\dot{q}_a)^2 \int_0^l w^2 dx + r A \dot{q}_a \int_0^l x w dx \tag{13}$$

The strain energy of the beam OE according to Reddy [16] is given by

$$P_{dh} = \frac{1}{2} EI \int_0^l \frac{w''^2}{x^2} dx, \tag{14}$$

where E and I is the modulus of elasticity, area moment of inertia of the beam, respectively.

By substituting Eqs. (7), (10) and (11) into Eq. (14), we obtain

$$P = m_E g [l \sin q_a + \sum_{i=1}^N X_i(l) q_{ei}(t) \cos q_a] + \frac{m_{OE} g l \sin q_a}{2} + m g \cos q_a \sum_{i=1}^N C_i q_{ei} + \frac{1}{2} EI \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N k_{ij} q_{ei} q_{ej}, \tag{15}$$

where

$$C_i = \int_0^l X_i dx; k_{ij}^* = \int_0^l X_i X_j \frac{dx}{x^2} \tag{16}$$

The Lagrange equations have the following form

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = - \frac{\partial P}{\partial q_j} + Q_j^*, j=1,2,\dots,n, \tag{17}$$

where q_j are the generalized coordinates which include rigid body coordinate q_a as well elastic modal q_{ei} , and Q_j^* are generalized forces.

By substituting Eqs. (13) and (15) into Eq.(17), we obtain the equations of motion of the system as

$$[J_1 + m_E l^2 + \frac{1}{3} r A l^3 + r A \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N m_{ij} q_{ei} q_{ej} + m_E \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N X_i(l) X_j(l) q_{ei} q_{ej}] \ddot{q}_a + [2m_E \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N X_i(l) X_j(l) + 2r A \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N m_{ij}] \ddot{q}_{ei} + [r A \sum_{i=1}^N D_i + m_E l \sum_{i=1}^N X_i(l)] \ddot{q}_{ei}$$

$$= - m_E g [l \cos q_a - \sum_{i=1}^N X_i(l) q_{ei} \sin q_a] - \frac{m_{OE} g l \cos q_a}{2} + m g \sin q_a \sum_{i=1}^N C_i q_{ei} + \tau \quad (18)$$

$$[m_E l X_i(l) + r A D_i] \ddot{q}_a + [m_E X_i(l) \sum_{j=1}^N X_j(l) + r A \sum_{j=1}^N m_{ij}] \ddot{q}_{ej} + E I \sum_{j=1}^N k_{ij}^* q_{ej} - [m_E X_i(l) \sum_{j=1}^N X_j(l) q_{ej} + r A \sum_{j=1}^N m_{ij} q_{ej}] \dot{q}_a = - m_E g X_i(l) \cos q_a - m g C_i \cos q_a, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (19)$$

where

$$D_i = \int_0^{l_2} x X_i dx; \quad m_{ij} = \int_0^{l_2} X_i X_j dx \quad (20)$$

If we choose $N = 1$ and use of symbols $q_{e1} = q_e$, the differential equations of the single-link flexible manipulator give the following form

$$[J_1 + m_E l^2 + \frac{1}{3} r A l^3 + (r A m_{11} q_{e1}^2 + m_E X_1^2(l) q_{e1}^2)] \ddot{q}_a + [r A D_1 + m_E l X_1(l)] \ddot{q}_{e1} + [2 m_E X_1^2(l) + 2 r A m_{11}] q_{e1} \dot{q}_a + \frac{m_{OE} g l \cos q_a}{2} - m g \sin q_a C_1 q_{e1} = - m_E g [l \cos q_a - X_1(l) q_{e1} \sin q_a] + \tau \quad (21)$$

$$m_E X_1^2(l) \ddot{q}_{e1} + m_E l X_1(l) \ddot{q}_a + r A D_1 \ddot{q}_a + r A m_{11} \ddot{q}_{e1} - m_E q_{e1} X_1^2(l) \dot{q}_a - r A q_{e1} m_{11} \dot{q}_a + E I k_{11}^* q_{e1} = - m_E g X_1(l) \cos q_a - m g \cos q_a C_1 \quad (22)$$

3. Linearization of the motion equations of flexible manipulator about the fundamental motion

Now consider the problem of linearizing motion equations of the single-link flexible manipulator, which consists of a single flexible beam with a link at one end and the hub as an example. A rigorous model for the dynamics of a flexible slewing beam, with a rotor located at the hut and a payload at the free end is shown in Fig.2.

The fundamental motion of the manipulator is described by $\mathbf{q}^R(t)$ and $\boldsymbol{\tau}^R(t)$, where $\mathbf{q}^R(t)$ is the generalized coordinate of the manipulator

$$\mathbf{q}^R(t) = \begin{matrix} \ddot{y}^R \\ \dot{y}^R \end{matrix} (t) \quad q_e^R(t) \begin{matrix} \text{III} \\ \text{B} \end{matrix} = \begin{matrix} \ddot{y}^R \\ \dot{y}^R \end{matrix} (t) \quad 0 \begin{matrix} \text{III} \\ \text{B} \end{matrix}. \quad (23)$$

and $\boldsymbol{\tau}^R(t)$ is the torque

$$\boldsymbol{\tau}^R(t) = \begin{matrix} \ddot{y}^R \\ \dot{y}^R \end{matrix} (t) \quad \tau_e^R \begin{matrix} \text{III} \\ \text{B} \end{matrix} = \begin{matrix} \ddot{y}^R \\ \dot{y}^R \end{matrix} (t) \quad 0 \begin{matrix} \text{III} \\ \text{B} \end{matrix} \quad (24)$$

In Eqs. (21) and (22) $q_e^R(t)$ is the elastic generalized coordinate, and $\tau_e^R(t)$ is the elastic torque of the virtual rigid link.

The differential equations of the single-link flexible manipulator (21) and (22) can be expressed in the following matrix form

$$\mathbf{M}(\mathbf{q}) \ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{C}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) \dot{\mathbf{q}} + \mathbf{g}(\mathbf{q}) = \boldsymbol{\tau}(t) \quad (25)$$

where \mathbf{q} , $\dot{\mathbf{q}}$ and $\ddot{\mathbf{q}}$ are vectors of generalized position, velocity and acceleration variables, respectively

$$\mathbf{q} = \begin{matrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{x} \end{matrix}, q_e \begin{matrix} \text{III} \\ \text{BI} \end{matrix}, \quad \boldsymbol{\tau}(t) = \begin{matrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{x} \end{matrix}(t), \tau_e(t) \begin{matrix} \text{III} \\ \text{BI} \end{matrix} = \begin{matrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{x} \end{matrix}(t), 0 \begin{matrix} \text{III} \\ \text{BI} \end{matrix}. \tag{26}$$

Let Dq_a and Dq_e are the difference between the real motion $\mathbf{q}(t)$ and the fundamental motion $\mathbf{q}^R(t)$, we have

$$q_a(t) = q_a^R(t) + Dq_a(t) = q_a^R(t) + y_1(t) \tag{27}$$

$$q_e(t) = q_e^R(t) + Dq_e(t) = y_2(t) \tag{28}$$

Where y_1 and y_2 are called the additional motion or the perturbed motion. Similarly, we have

$$\boldsymbol{\tau}(t) = \begin{matrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{x} \end{matrix}(t), \tau_e(t) \begin{matrix} \text{III} \\ \text{BI} \end{matrix} = \begin{matrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{x} \end{matrix}(t), 0 \begin{matrix} \text{III} \\ \text{BI} \end{matrix} \tag{29}$$

By substituting Eqs. (25), (26) into Eq. (25) and using Taylor series expansion around fundamental motion, then neglecting nonlinear terms, we obtain the system of linear differential equations with time-varying coefficients for the single-link flexible manipulator as follows [17]

$$\mathbf{M}_L(t) \ddot{\mathbf{y}} + \mathbf{C}_L(t) \dot{\mathbf{y}} + \mathbf{K}_L(t) \mathbf{y} = \mathbf{h}_L(t). \tag{30}$$

The matrices $\mathbf{M}_L(t)$, $\mathbf{C}_L(t)$, $\mathbf{K}_L(t)$ and vector $\mathbf{h}_L(t)$ of the linear differential equations (30) have the following forms

$$\mathbf{M}_L(t) = \begin{matrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{x} \end{matrix} \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} + m_E l^2 + \frac{1}{3} m_{OE} l^2 \quad rAD_1 + m_E lX_1(l) \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \quad m_E lX_1 + rAD_1 \quad m_E X_1^2(l) + rAm_{11} \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \end{matrix} \tag{31}$$

$$\mathbf{C}_L(t) = \begin{matrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{x} \end{matrix} \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \tag{32}$$

$$\mathbf{K}_L(t) = \begin{matrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{x} \end{matrix} \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \begin{matrix} k_{11} \\ k_{21} \\ k_{22} \end{matrix} \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \tag{33}$$

where

$$\begin{aligned} k_{11} &= -l \sin q_a^R(t) m_E g - \frac{m_{OE} gl \sin q_a^R(t)}{2}, \\ k_{12} &= k_{21} = -m_E g X_1(l) \sin q_a^R(t) - mg \sin q_a^R(t) C_1, \\ k_{22} &= -m_E [q_a^R(t)]^2 X_1^2(l) - rA [q_a^R(t)]^2 m_{11} + EIk_{11}^*. \end{aligned} \tag{34}$$

and

$$\mathbf{h}_L(t) = \begin{matrix} \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{x} \end{matrix} \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \begin{matrix} 0 \\ m_E g X_1(l) \cos q_a^R(t) - mg \cos q_a^R(t) C_1 - m_E lX_1 q_a^R(t) - rAD_1 q_a^R(t) \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} \tag{35}$$

where fundamental motion $q_a^R(t)$ is given by Eq. (4) and constants $C_1, D_1, X_1, m_{11}, k_{11}^*$ are determined by Eqs. (11), (16) and (20). It should be noted that the matrices $\mathbf{M}_L(t)$, $\mathbf{C}_L(t)$, $\mathbf{K}_L(t)$ and vector $\mathbf{h}_L(t)$ are time-periodic with least period T .

The calculating parameters of the considered manipulator are listed in Tab. 1.

Table 1

Parameters of the manipulator

Parameters of the model	Variable and Unit	Value
Length of link	l (m)	0.9
Sectional area of beam	A (m ²)	10^{-4}
Density of beam	ρ (kg/ m ³)	2700
Inertial moment of sectional area of beam	I (m ⁴) = $bh^3/12$	$2.08334 \cdot 10^{-10}$
Modulus	E (N/ m ²)	$7.11 \cdot 10^{10}$
Mass moment of inertia of link 1 (including the motor)	J_1 (kg.m ²)	$5.86 \cdot 10^{-5}$
Mass of payload	m_E (kg)	0.1

It follows from the parameters in Tab. 1 that

$$\begin{aligned} C_1 &= - 0.7046317896, D_1 = - 0.4607100845, \\ m_{11} &= 0.8998501520, k_{11}^* = 16.95515100, X_1 = - 2 \end{aligned} \tag{36}$$

4. Analysis stability control of flexible manipulator

It should be noted that the PD controller applied on the input link can be selected according to the formula

$$D\tau_a = - k_{d1}(q_a - q_a^R) - k_{p1}(q_a - q_a^R) = - k_{d1}y_1 - k_{p1}y_1 \tag{37}$$

The linearized equation according to Eq. (30) now takes the form

$$M_L(t)\ddot{y} + C_L(t)\dot{y} + K_L(t)y = h_L(t) - K_D\dot{y} - K_P y, \tag{38}$$

Where K_D and K_P are diagonal matrices with elements on the diagonal, they are positive numbers as shown in the following equation

$$K_D = \begin{bmatrix} k_{d1} & 0 & 0 \\ 0 & k_{d2} & 0 \\ 0 & 0 & k_{d3} \end{bmatrix}, K_P = \begin{bmatrix} k_{p1} & 0 & 0 \\ 0 & k_{p2} & 0 \\ 0 & 0 & k_{p3} \end{bmatrix} \tag{39}$$

From Eqs. (38) and (39) we obtain

$$M_L(t)\ddot{y} + [C_L(t) + K_D]\dot{y} + [K_L(t) + K_P]y = h_L(t) \tag{40}$$

Eq. (40) can then be written in the form

$$M_L^{(1)}(t)\ddot{y} + C_L^{(1)}(t)\dot{y} + K_L^{(1)}(t)y = h_L^{(1)}(t) \tag{41}$$

where

$$M_L^{(1)}(t) = M_L(t), K_L^{(1)}(t) = K_L(t) + K_P, C_L^{(1)}(t) = C_L(t) + K_D, h_L^{(1)}(t) = h_L(t) \tag{42}$$

Eq. (38) can then be expressed in the compact form as

$$\dot{x} = P(t)x + f(t) \tag{43}$$

where we use the state variable x

$$x = \begin{bmatrix} y \\ \dot{y} \end{bmatrix}, \dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{y} \\ \ddot{y} \end{bmatrix} \tag{44}$$

and the matrix of coefficients $P(t)$, vector $f(t)$ are defined by

$$P(t) = \begin{pmatrix} \ddot{y} & 0 & E & \Pi \\ \dot{y} & & \dot{y} & \dot{\Pi} \\ y & & y & \dot{y} \\ & & & \dot{y} \end{pmatrix} f(t) = \begin{pmatrix} \ddot{y} & 0 & \Pi \\ \dot{y} & & \dot{\Pi} \\ y & & \dot{y} \\ & & \dot{y} \end{pmatrix} \quad (45)$$

To study the dynamic stability conditions of flexible manipulators, we need to study the properties of the homogeneous linear differential system that corresponds to the differential equation (40)

$$\dot{x} = P(t)x, \quad (46)$$

where $P(t)$ is a continuous matrix with the period T. Based on the stable criteria according to the Floquet exponents [18], a numerical algorithm for calculating the Floquet exponents was presented in [19]. The gain values of the PD controller (37) are chosen so that all Floquet exponents of equation (46) have negative real parts and the transient oscillation time is as short as possible, the parameters of the PD controller are chosen as

Case 1
$$K_P^{(1)} = \begin{pmatrix} \ddot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \\ y & 0 \end{pmatrix} K_D^{(1)} = \begin{pmatrix} \dot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \end{pmatrix} \quad (47)$$

Case 2
$$K_P^{(2)} = \begin{pmatrix} \ddot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \\ y & 0 \end{pmatrix} K_D^{(2)} = \begin{pmatrix} \dot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \end{pmatrix} \quad (48)$$

Case 3
$$K_P^{(3)} = \begin{pmatrix} \ddot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \\ y & 0 \end{pmatrix} K_D^{(3)} = \begin{pmatrix} \dot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \end{pmatrix} \quad (49)$$

Case 4
$$K_P^{(4)} = \begin{pmatrix} \ddot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \\ y & 0 \end{pmatrix} K_D^{(4)} = \begin{pmatrix} \dot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \\ \dot{y} & 0 \end{pmatrix} \quad (50)$$

The initial conditions for the four cases are the same selected and have the following form

$$t = 0 : x(0) = [p/2 \quad 0 \quad p/4 \quad 0]^T \quad (51)$$

The results of calculating the Floquet exponents and simulation results of the transient oscillation are listed as follows.

Case 1: With the first dataset of the gain values we have

$$\begin{aligned} l_1 &= 0.0886 + 0.0000i, l_2 = -5.1260 + 1.0374i \\ l_3 &= -5.1260 - 1.0374i, l_4 = -13.5774 + 3.1416i \end{aligned} \quad (52)$$

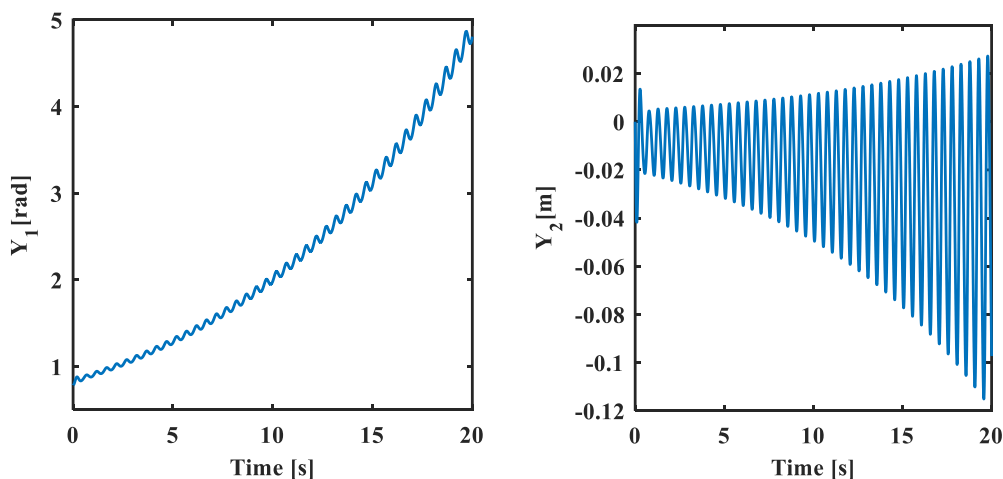


Figure 3 – Transient vibration of flexible manipulator

Because $\text{Re}(l_1) > 0$, the transient oscillation should increase gradually, not towards 0 (Show as figure 3).

Case 2: With the second dataset of the gain values we have

$$\begin{aligned} l_1 &= -0.4537 + 0.0000i, l_2 = -11.4025 + 3.1416i \\ l_3 &= -1.2752 + 0.4580i, l_4 = -1.2752 - 0.4580i \end{aligned} \tag{53}$$

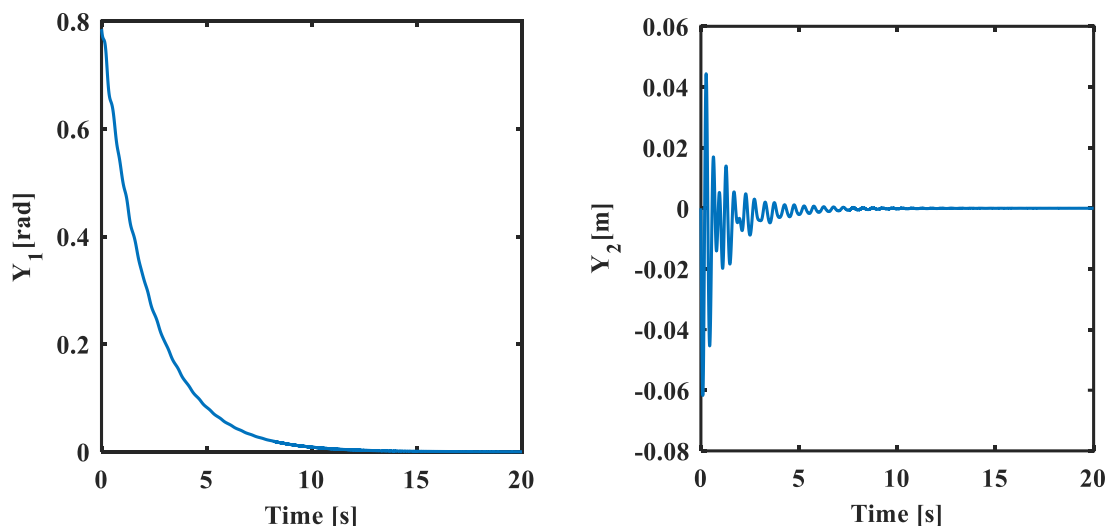


Figure 4 – Transient vibration of flexible manipulator

From the figure 4 we see that transient oscillation of flexible manipulator decreases to 0 in about 5 seconds

Case 3: With the third dataset of the gain values we have

$$\begin{aligned} l_1 &= -11.9539 + 0.0000i, l_2 = -0.8047 + 0.0000i \\ l_3 &= -0.8489 + 0.4408i, l_4 = -0.8489 - 0.4408i \end{aligned} \tag{54}$$

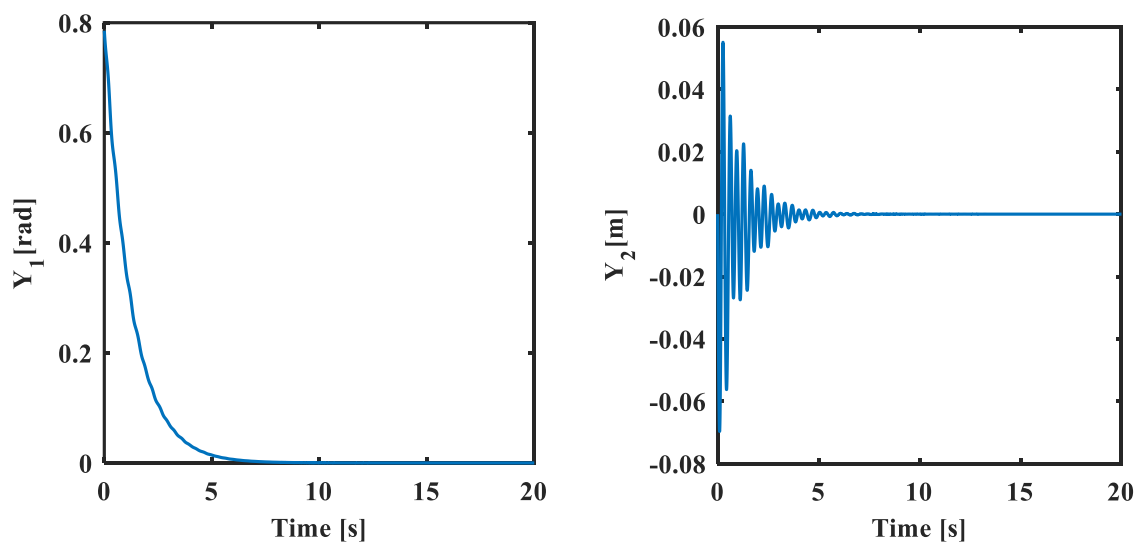


Figure 5 – Transient vibration of flexible manipulator

From the figure 5 we see that transient oscillation of flexible manipulator decreases to 0 in about 10 seconds

Case 4: With the first dataset of the gain values we have

$$\begin{aligned}
 l_1 &= -7.0000 + 0.8488i, & l_2 &= -7.0000 - 0.8488i \\
 l_3 &= -8.3595 + 0.0000i, & l_4 &= -14.8409 + 3.1416i
 \end{aligned}
 \tag{55}$$

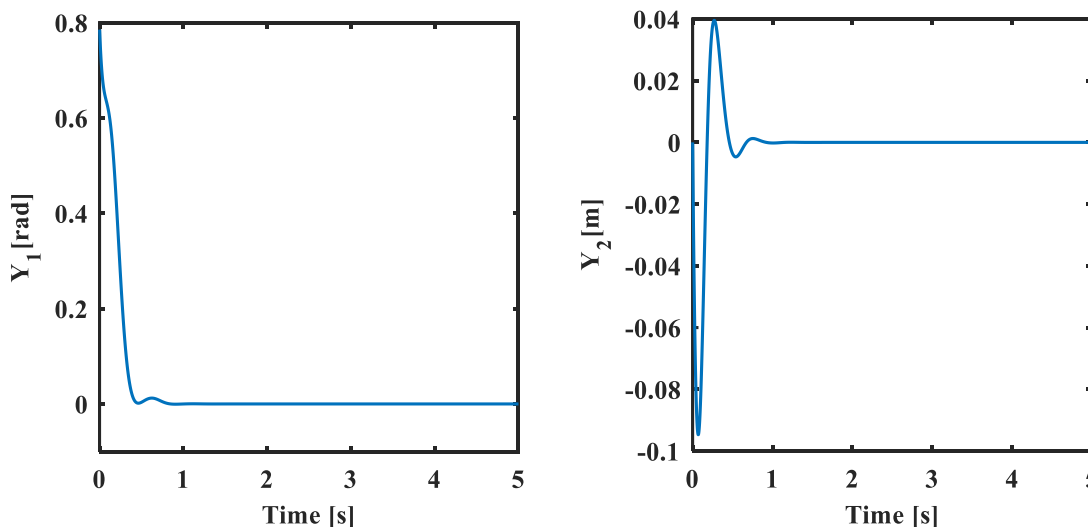


Figure 6 – Transient vibration of flexible manipulator

From the figure 6 we see that transient oscillation of flexible manipulator decreases to 0 in about 1 seconds

From figures 3, 4, 5 and 6 we clearly see the dependence of the transient time on the selection of the gain values. When the gain values are selected optimally, the transient time is minimal.

5. Calculating the periodic oscillation of a single – link flexible manipulator.

5.1. Periodic oscillation

In the cases of 2, 3,4, the system is stable according to Floquet standards, we go to find the periodic solution for the equations.

$$\mathbf{M}_L^{(i)}(t)\ddot{\mathbf{y}} + \mathbf{C}_L^{(i)}(t)\dot{\mathbf{y}} + \mathbf{K}_L^{(i)}(t)\mathbf{y} = \mathbf{h}_L^{(i)}(t)
 \tag{56}$$

Using the periodic solution algorithm of the system of linear differential equations of Khang et al. [19] we find the periodic oscillation of the system of equations (56) in the form:

$$\mathbf{y}^* = \begin{pmatrix} \ddot{\mathbf{y}}_1^* \\ \dot{\mathbf{y}}_1^* \\ \mathbf{y}_1^* \end{pmatrix} \quad \mathbf{y}_2^* = \begin{pmatrix} \dot{\mathbf{y}}_2^* \\ \mathbf{y}_2^* \end{pmatrix}
 \tag{57}$$

When the system is stable then

$$\mathbf{y}^* \gg \mathbf{y}
 \tag{58}$$

Calculating we have the periodic solution of the equations (56) as shown in Figure 7, 8 and 9. From figure 7, 8 and 9 we see that periodic solution in case 4 is smallest.

Case 2: With the first dataset of the gain values we have

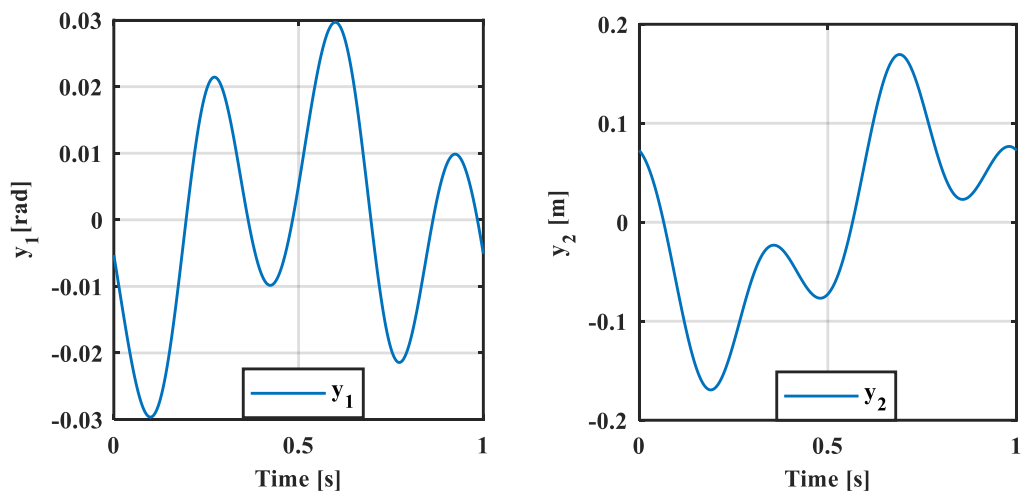


Figure 7– Periodic solution in case 2

Case 3: With the first dataset of the gain values, we have

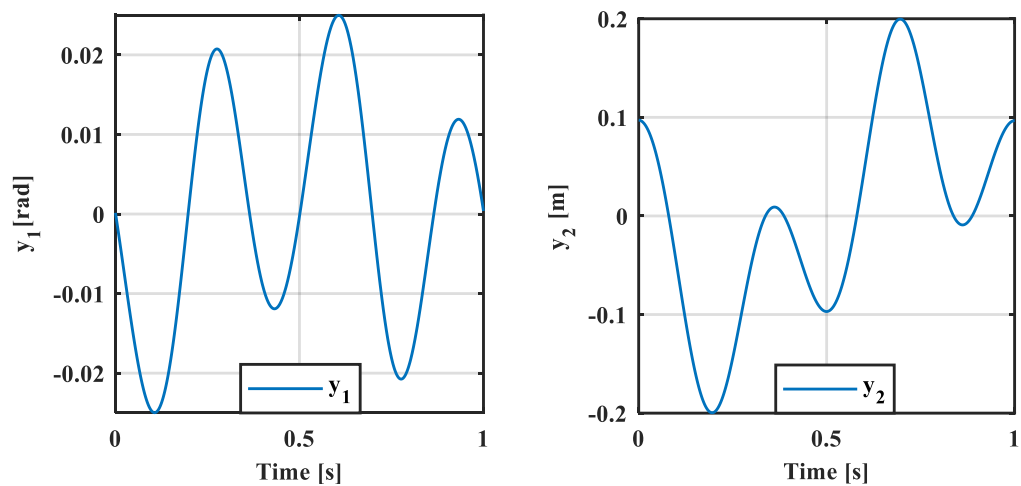


Figure 8 – Periodic solution in case 3

Case 4: With the first dataset of the gain values, we have

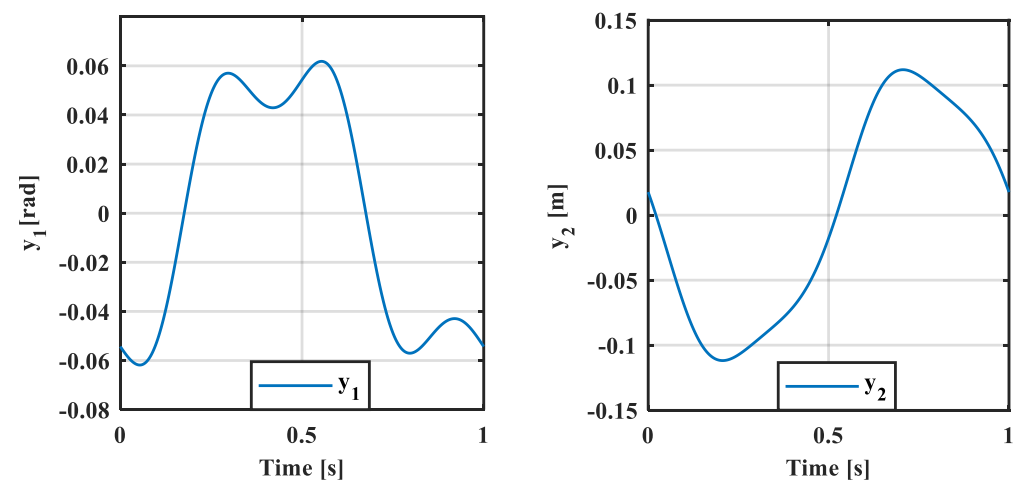


Figure 9 – Periodic solution in case 4

5.2. Approximate motion of a single – link flexible manipulator.

After determining the elastic oscillation of the robot as in section 5.1, then we have the driving link coordinates such as:

$$\begin{aligned} q_a(t) &= q_a^R(t) + y_1(t) \\ q_e(t) &= y_2(t) \end{aligned} \tag{59}$$

Now, the elastic displacement at the end point such as:

$$w(l,t) = X_1(l)y_2(t) \tag{60}$$

Then, the motion of end point E to given as

$$x_E = l \cos q_a(t) - w(l,t) \sin q_a(t) \tag{61}$$

$$y_E = l \sin q_a(t) + w(l,t) \cos q_a(t) \tag{62}$$

Cucalating by Matlab we obtain the motion of end point as shown in Figure 10, 11, 12.

Case 2: With the first dataset of the gain values, we have

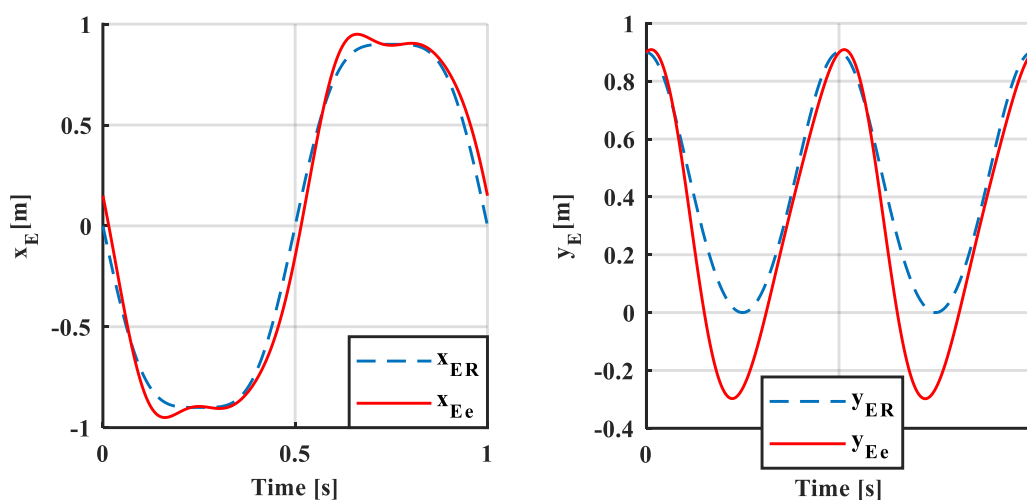


Figure 10 – Motion of end point in case 2

Case 3: With the first dataset of the gain values, we have

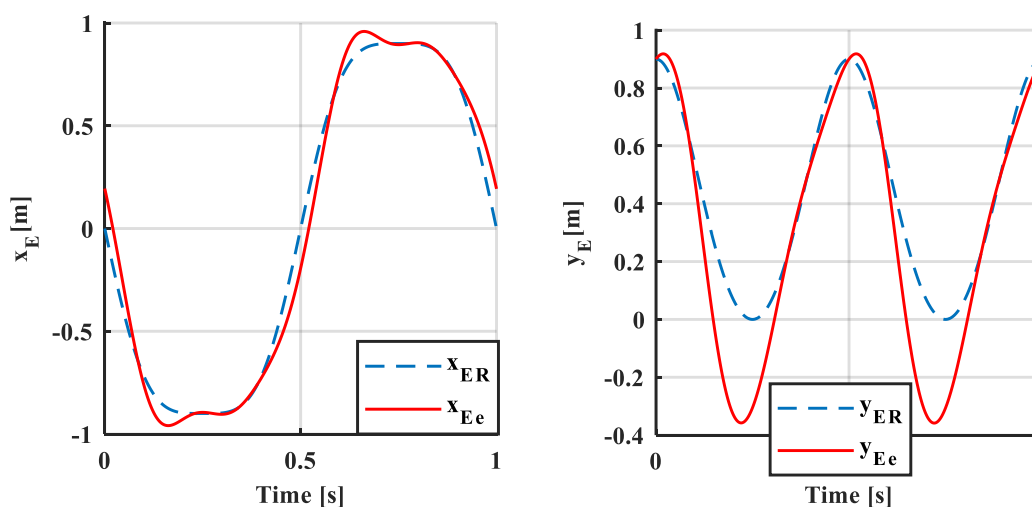


Figure 11 – Motion of end point in case 3

Case 4: With the first dataset of the gain values, we have

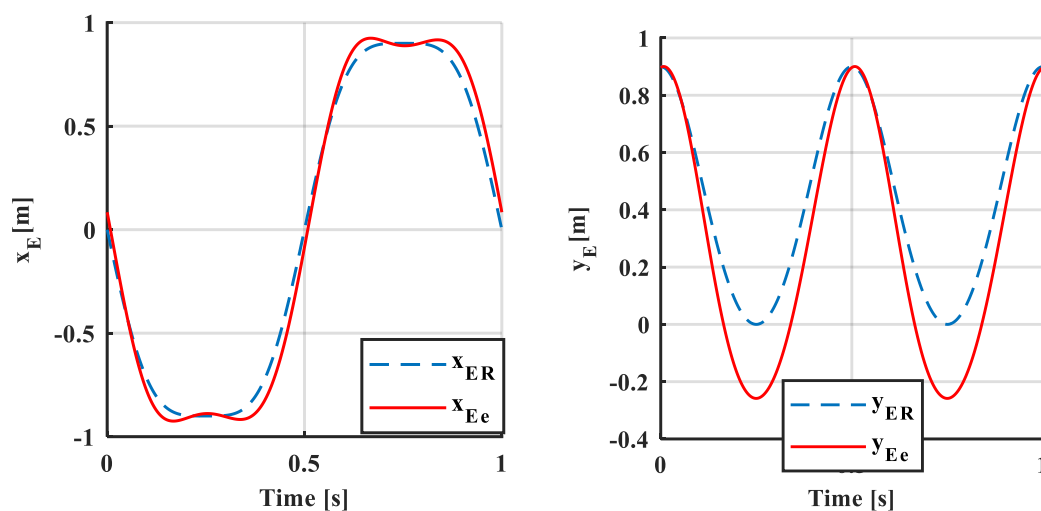


Figure 12 – Motion of end point in case 4

From figure 10, 11 and 12 we see that motion of end point in case 4 is the smallest deviation from the fundamental motion.

6. Conclusions

In the present paper, the linearization problem of the equation of motion of flexible manipulators in the vicinity of a fundamental motion is addressed. The control problem for error dynamics, which is described by linear differential equations with time-periodic coefficients, was investigated. The stability control problem based on Floquet standards has been performed. The approximate periodic oscillation of the robot arm is then determined.

Through numerical simulation, the efficiency and usefulness of the proposed algorithm were demonstrated as well as the problem and further issues.

Acknowledgments

This paper was completed with the financial support of the Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 107.04-2020.28

References:

1. E. Bayo et al, Inverse dynamics and kinematics of multi-link elastic robots: An iterative frequency domain approach, *The International Journal of Robotics Research*, 8 (6) (1989), 49-62.
2. H. Asada, Z.-D. Ma, H. Tokumaru, Inverse dynamics of flexible robot arms: modeling and computation for trajectory control, *ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 112 (2) (1990), 177-185.
3. B. C. Chiou, M. Shahinpoor, Dynamic stability analysis of a two-link force-controlled flexible manipulator, *ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 112 (4) (1990), 661-666.
4. N. Poppelwell, D. Chang, Influence of an offset payload on a flexible manipulator, *Journal of Sound and Vibration*, 190 (1996) 721-725.
5. M.P. Coleman, Vibration eigenfrequency analysis of a single-link flexible manipulator, *Journal of Sound and Vibration* 212 (1), (1998) 109-120.
6. D. Li, J.W. Zu, A.A. Goldenberg, Dynamic modeling and mode analysis of flexible-link, flexible-joint robots, *Mech. Mach. Theory* 33 (7) (1998) 1031-1044.
7. A.S. Yigit (1994), On the stability of PD control for two-link rigid-flexible manipulator, *ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 116, 208-216.

8. S. Choura, A.S. Yigit (2001), Control of a two-link rigid-flexible manipulator with a moving payload mass, *Journal of Sound and Vibration* 243 (5), 883-897.
9. A. A. Ata, W.F.Faces, M. Y. Saadeh, Dynamic analysis of a two-link flexible manipulator subject to different sets of conditions, *Procedia Engineering*, 41 (2012) 1253-1260.
- 10.W. Ding, Y. Shen, Analysis of transient deformation response for flexible robotic manipulator using assumed mod method, 2nd Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems, 2017.
- 11.X. Yang, S. S.Sam, W. He, Dynamic modeling and adaptive robust tracking control of a space robot with two-link flexible manipulators under unknown disturbances, *International Journal of Control* 91 (4) (2018) 969-988.
- 12.P. Kumar, B. Pratiher, Modal characterization with nonlinear behaviors of a two-link flexible manipulator, *Archive of Applied Mechanics* 89 (2019) 1201-1220.
- 13.C.C. De Wit, B. Siciliano, G. Bastin (Eds), *Theory of Robot Control*, Springer, London (1996).
- 14.R. K. Roy, *A Primer on the Taguchi Method*, Society of Manufacturing Engineers, USA (2010).
- 15.A.A.Shabana, Flexible multibody dynamic: Review of past and recent developments, *Multibody System Dynamics* 1 (1997), 189-222
- 16.J. N. Reddy, *Energy Principles and Variational Methods in Applied Mechanics*, 2nd edu, Wiley, New Jersey (2002).
- 17.Nguyen Van Khang, Nguyen Phong Dien, Hoang Manh Cuong, Linearization and parametric vibration analysis of some applied problems in multibody systems, *Multibody System Dynamics* 22 (2009) 163-180.
- 18.B. P. Demidovich, *Lectures on the Mathematical Stability Theory*, (in Russian), Nauka, Moscow (1967).
- 19.Nguyen Van Khang, Nguyen Phong Dien, Parametric vibration analysis of transmission mechanisms using numerical methods. In: *Advances in Vibration Engineering and Structural Dynamics*, Edited by F.B. Carbajal, Intech, Croatia, (2012) 301-331.

© Dinh Cong Dat, 2026



БИОЛОГИЯ

Reyimov Dayanch, lecturer.

Chommulova Mayagozel, student.

International Horse Breeding academy named after Aba Annayev

Saryyeva Aygul, student.

Pedagogical secondary vocational school named after Berdimuhamed Annaev of Arkadag city

Arkadag, Turkmenistan

BRAND TRUST AND BIOSECURITY: THE STRATEGIC CONVERGENCE OF MARKETING AND SANITARY EXPERTISE IN DAIRY VALUE CHAINS

Abstract

The dairy sector operates under stricter physiological and regulatory constraints than almost any other department of agribusiness. Milk and its derivatives are highly unstable, perishable, and serve as optimal breeding grounds for microbiological pathogens. This article explores the symbiotic connection between Dairy Marketing Strategies and Sanitary-Veterinary Expertise. By examining cold-chain fluid logistics, chemical and microbiological screening frameworks, consumer psychology regarding food safety, and advanced digital validation systems, this study outlines how rigorous sanitary metrics serve as the primary engine for brand equity and international market access.

Keywords:

dairy marketing, sanitary expertise, milk safety, pasteurization, somatic cell count, HACCP, traceability, cold-chain logistics.

Introduction

Milk is globally recognized as a foundational nutritional commodity, yet it presents unique challenges to industrial supply chains. From the moment of bovine extraction, fluid milk undergoes rapid chemical and biological shifts. It is highly sensitive to temperature disruptions, prone to absorbing ambient odors, and highly vulnerable to spoilage and pathogenic contamination.

To achieve profitability in this demanding sector, agricultural enterprises must execute highly synchronized marketing campaigns that align with strict food safety measures. In the modern dairy market, consumer purchasing decisions are no longer driven solely by price points; they are heavily influenced by verified health claims, purity metrics, and corporate transparency. Consequently, Sanitary Expertise is no longer just a legal hurdle—it has evolved into a vital marketing asset. Dairy processors who integrate rigorous veterinary-sanitary standards directly into their brand messaging gain a definitive edge, securing consumer trust and navigating international trade barriers with ease.

1. Market Segmentation and Positioning in the Dairy Sector

Portfolio Diversification and Shelf-Life Logistics

Dairy marketing teams structure their product distribution models based on processing methods and shelf-life parameters:

- **High-Velocity Fluid Channels:** Standard pasteurized milk relies on a strict 7- to 14-day shelf-life matrix. Marketing focuses on local sourcing, daily freshness, and high-turnover grocery placements.

- **Extended-Storage Channels:** Ultra-High Temperature (UHT) milk, aged cheeses, and powdered milk formulas operate on multi-month lifecycles. Marketing strategies shift toward bulk distribution, export channels, and long-term storage convenience.

Capitalizing on Wellness and Transparency Trends

As functional nutrition becomes a major driver of consumer behavior, marketing frameworks rely

heavily on certified product attributes to justify premium pricing. Brands achieve market differentiation by promoting distinct production methods, including:

- **A2 Beta-Casein Certification:** Targeting consumers who experience digestive issues with standard dairy products.

- **Grass-Fed and Animal Welfare Verification:** Appealing to ethically minded demographics willing to pay a premium for verified open-pasture farming methods.

- **Organic and Antibiotic-Free Seals:** Reassuring parents and health-conscious buyers that the product is free from synthetic chemical residues.

2. The Mechanics of Dairy Sanitary Expertise

Sanitary expertise serves as the ultimate gatekeeper, using rigorous biochemical and laboratory testing to ensure that milk products are safe for public consumption before they enter retail distribution networks.

Advanced Pathogen and Adulteration Screening

In addition to routine reception checks, processing lots undergo detailed testing to identify dangerous foodborne pathogens and illegal volume-padding agents:

- **Pathogen Detection:** Utilizing Polymerase Chain Reaction (PCR) assays to confirm the absolute absence of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, and *Campylobacter jejuni*.

- **Adulteration Screening:** Utilizing Fourier-Transform Infrared (FTIR) spectroscopy to screen for fraud, checking for unauthorized additives like industrial melamine, added water, or non-dairy fats used to artificially inflate protein and fat readings.

3. Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) in Dairy Processing

To consistently maintain regulatory compliance, processing facilities install dedicated Critical Control Points (CCPs) along the production line to halt potential contamination events in real time.

1. **Thermal Processing [CCP 1]:** Fluid milk passes through High-Temperature Short-Time (HTST) pasteurization units (72C for 15 seconds). Automated sensors track temperature parameters; if the heat drops even slightly, the system instantly diverts the milk back for re-pasteurization.

2. **Post-Pasteurization Cooling [CCP 2]:** Pasteurized milk must be rapidly chilled down to 4C within seconds to prevent heat-shocked bacterial spores from regenerating.

3. **Hermetic Packaging [CCP 3]:** Automated filling lines must operate within sterile, closed environments to prevent airborne microbes from re-contaminating the purified milk during bottling.

4. Mitigating Trade Vulnerabilities and Non-Tariff Barriers

In international commerce, sanitary regulations function as highly protective barriers. Because dairy products can carry zoonotic diseases such as Brucellosis and Foot-and-Mouth Disease (FMD), importing countries enforce strict biosecurity standards.

If an exporting nation suffers a disease outbreak or fails a routine border safety inspection, importing authorities can issue immediate trade halts. For dairy exporters, a single contamination recall damages international brand equity within hours, leading to immediate warehouse product loss, canceled retail contracts, and decades of reputational harm.

5. Blockchain and QR Serialization: Trust Automation

The ultimate convergence of dairy marketing and sanitary validation is realized through modern Digital Traceability Architecture. By utilizing immutable blockchain ledgers and unique, package-specific QR codes, dairy companies link farm-level agricultural metrics directly with retail consumers.

This integrated digital setup delivers dual-channel value:

- **Sanitary Precision:** If a regional pathogen outbreak occurs, safety teams trace the issue back to the exact farm silo and production hour within minutes. This protects the wider brand by isolating recalls to a few specific cartons rather than wasting entire regional supply runs.

• **Marketing Super-Asset:** Consumers scan the milk carton with a smartphone to see verified, unalterable data showing the cows' feeding profiles, the exact pasteurization timestamp, and the laboratory purity clearances. This deep transparency validates the brand's premium pricing claims and converts cold regulatory data into an engaging story of quality.

Conclusion

The economic longevity of modern dairy processing relies on the tight integration of marketing strategies and sanitary expertise. Because milk products carry inherent biological risks, food safety cannot be treated as a secondary operational task. By making laboratory purity metrics, clean cold-chain logistics, and HACCP compliance the central focus of consumer brand messaging, dairy producers can build bulletproof brand loyalty. Leveraging digital traceability to showcase verified product safety ensures dairy enterprises maintain market access, insulate themselves from supply disruptions, and win long-term consumer trust.

References:

1. Kotler, P. and Armstrong, G. Principles of Marketing: Global Agribusiness Alignments. — Pearson Education, 19th ed., 2024.
2. Journal of Dairy Science and Food Safety Assurance, Spectroscopic Detection of Melamine and Non-Dairy Lipid Adulterants in Raw Milk Supply Matrix Networks, Vol. 88, No. 3, February 2025.
3. International Journal of Veterinary-Sanitary Expertise, The Impact of Somatic Cell Count Variances on the Shelf-Life Performance and Branding of Fluid Milk Products, 2025.
4. Annual Review of Food Engineering and Supply Chain Informatics, Real-Time Blockchain Verification of HTST Pasteurization Parameters in Transnational Cold-Chains, June 2026.

© Reyimov D., Chommulova M., Saryyeva A., 2026



ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Reyimov Dayanch, lecturer.

Abayev Mejimeddin, student.

International Horse Breeding academy named after Aba Annayev

Bayramova Bagul, student.

Pedagogical secondary vocational school named after Berdimuhamed Annaev of Arkadag city

Arkadag, Turkmenistan

TRUST IN THE VALUE CHAIN: THE ALIGNMENT OF MEAT MARKETING AND SANITARY-VETERINARY EXPERTISE

Abstract

The commercialization of meat and poultry products requires a highly responsive strategy to manage extreme perishability, variable consumer psychology, and severe biological safety risks. This article analyzes the relationship between Meat Marketing Frameworks and Sanitary-Veterinary Expertise. By evaluating cold-chain distribution models, livestock pathogen detection matrices, Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) packaging checkpoints, and digital traceability ledgers, this study illustrates how rigorous biochemical validation serves as the foundation for brand equity and international market access in the modern meat industry.

Keywords:

meat marketing, sanitary-veterinary expertise, pathogen detection, cold-chain logistics, HACCP, blockchain traceability, food safety.

Introduction

Meat products represent one of the highest-value sectors in global agribusiness, yet they operate under intense regulatory and biological pressure. As highly unstable, moisture-rich organic commodities, raw meats are exceptionally vulnerable to rapid microbial spoilage, enzymatic breakdown, and pathogenic contamination.

To thrive in this competitive market, meat processors must run precise marketing campaigns that align closely with strict biosecurity measures. Today's consumer is increasingly sensitive to food safety outbreaks, antibiotic usage, and livestock welfare. As a result, Sanitary-Veterinary Expertise has evolved from an operational legal obligation into a core marketing asset. Meat processing companies that make rigorous biochemical standards and clean production facilities a central part of their brand messaging gain a clear competitive advantage. This alignment builds lasting consumer trust and helps producers cleanly navigate strict international non-tariff trade barriers.

1. Market Segmentation and Positioning Strategies

Product Portfolio Dynamics and Shelf-Life Logistics

Meat marketing structures its distribution channels based on processing styles, temperature-controlled logistics, and product lifecycles:

Livestock Processing —> [Fresh/Chilled Cuts] —> High-Velocity Cold-Chain (3-7 Day Window)

—> [Frozen Bulk Portions] —> Global Export Logistics (Multi-Month Window)

—> [Processed/Cured Meats] —> Extended Retail Shelf-Life (Value-Added)

- Fresh and Chilled Meat Channels: Fresh beef, pork, and poultry rely on a strict 3- to 7-day un-frozen window. Marketing focus is placed on local sourcing, daily retail replenishment, and premium visual merchandising.

- Frozen Bulk Export Channels: Frozen inventory operates on multi-month lifecycles, enabling

international trade. Marketing strategies emphasize cold-chain resilience, container volume optimization, and macro-economic futures hedging.

- Value-Added Processed Channels: Cured, smoked, or cooked meats (e.g., sausages, charcuterie) extend shelf life through preservation techniques. Marketing shifts toward taste profiles, convenience packaging, and high-margin brand positioning.

Monitored Attributes as Premium Brand Drivers

Modern meat consumers frequently look for specific, verified processing standards to guide their purchasing decisions. Brands create clear market differentiation by acquiring and promoting verified product attributes, such as:

- Certified Humane and Pasture-Raised Labels: Appeals to ethical demographics by validating specific livestock space requirements and open-air grazing access.
- Antibiotic-Free and Hormone-Free Claims: Targets health-conscious buyers concerned with the bio-accumulation of veterinary drugs in livestock tissue.
- Religious and Cultural Dietary Compliance: Acquiring recognized Halal or Kosher certifications, which open access to massive, loyal global consumer markets via verified slaughter methodologies.

2. The Mechanics of Sanitary-Veterinary Expertise

Sanitary-veterinary expertise acts as the primary shield for public health, using multi-stage laboratory testing to isolate and eliminate biological and chemical hazards before products reach the public.

Ante-Mortem and Post-Mortem Inspections

The evaluation begins long before packaging. Veterinary experts perform ante-mortem inspections at the stockyards to filter out animals showing signs of systemic illness, injury, or central nervous system disorders. Following humane slaughter, a rigorous post-mortem inspection is conducted on the lymph nodes, internal organs, and carcass surfaces to detect localized infections, abscesses, or systemic anomalies, ensuring only entirely healthy tissue proceeds to the cutting room.

3. HACCP and Cold-Chain Engineering

Maintaining regulatory compliance across the meat processing floor requires installing dedicated **Critical Control Points (CCPs)** under a strict Hazard Analysis Critical Control Point framework.

Carcass Splitting/Washing [CCP 1: Antimicrobial Organic Acid Rinse]

↳ Chilling Blast [CCP 2: Rapid Core Temp Drop to $\leq 4^{\circ}\text{C}$]

↳ Fabrication & MAP Packaging [CCP 3: Gas Flush and Seal Integrity]

1. **Antimicrobial Rinsing [CCP 1]:** Harvested carcasses undergo an organic acid wash (such as a lactic acid spray) to dramatically reduce potential surface bacterial loads.

2. **The Chill Blast [CCP 2]:** Carcasses are rapidly transferred to intensive blast chillers to bring internal muscle temperatures down to **or lower** within specific hourly windows. This rapid drop arrests the growth curve of mesophilic bacteria.

3. **Modified Atmosphere Packaging (MAP) [CCP 3]:** During final packaging, the ambient air inside the tray is evacuated and replaced with a specialized gas mixture.

Conclusion

The long-term economic stability of modern meat processing depends on the tight alignment of marketing strategies and sanitary expertise. Because meat carries inherent biological risks, rigorous food safety cannot be treated as a secondary operational concern. By placing state-of-the-art laboratory testing, precise cold-chain management, and strict HACCP compliance at the very center of corporate brand messaging, meat producers can build unshakeable customer loyalty. Utilizing digital traceability to highlight verified product safety ensures meat enterprises preserve international market access, insulate themselves from supply chain disruptions, and win long-term consumer trust.

References:

1. Kotler, P. and Armstrong, G. Principles of Marketing: Agribusiness Supply Dynamics. — Pearson Education, 19th ed., 2024.
2. Journal of Food Safety and Veterinary-Sanitary Science, Evaluating Real-Time RT-PCR Assays for Rapid Shiga Toxin-Producing E. coli Screening on Commercial Beef Carcasses, Vol. 41, No. 2, January 2025.
3. International Review of Meat Science Economics, The Financial Trajectory of Transnational Trade Halts Induced by African Swine Fever Anomalies, 2025.
4. Annual Review of Agricultural Logistics and Cryptographic Informatics, Implementing Immutable Ledger Architecture for Multi-Point Cold-Chain Verification in Poultry Distribution Channels, May 2026.

© Reyimov D., Abayev M., Bayramova B., 2026

Tran Thi Tram

Master at University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

THEORY OF BEAM OSCILLATION IN THE FREQUENCY DOMAIN

Annotation

This report presents the theoretical basis of vibration of FGM beams in the frequency domain. Specifically, it addresses the problem of natural vibration (calculating natural frequencies and vibration modes); the transfer matrix or fundamental solution matrix and the dynamic stiffness matrix. The theory is illustrated with specific calculations: material constants, the position of the neutral axis, and the calculation of natural frequencies in several specific cases.

Keywords:

FGM beam, Natural frequency, Dynamic stiffness, Transfer matrix.

1. Equation of motion

Consider a beam of length L , with a constant cross-section $A = b \times h$, made of FGM material with constant material characteristics in the longitudinal and transverse directions, varying only in height (z) according to the law

$$\begin{Bmatrix} E(z) \\ G(z) \\ \rho(z) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} E_b \\ G_b \\ \rho_b \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} E_t - E_b \\ G_t - G_b \\ \rho_t - \rho_b \end{Bmatrix} \left(\frac{z}{h} + \frac{1}{2} \right)^n, \quad -h/2 \leq z \leq h/2 \tag{1.1}$$

In this formula, E is the elastic modulus, G is the shear modulus, ρ is the bulk density, and t and b denote the values of these material characteristics at the top and bottom surfaces, respectively z is the coordinate measured from the middle surface at a height of $h/2$ from the bottom of the beam. With small deformation assumptions, the displacement field can still be calculated using:

$$u(x, t) = u_0(x, t) - (z - h_0)\theta(x, t); w(x, t) = w_0(x, t), \tag{1.2}$$

where is $u_0(x, t)$, $w_0(x, t)$ the displacement of the neutral axis, θ is the angle of rotation of the cross-section around the y -axis, h_0 is the distance from the neutral axis plane to the middle plane along the z -axis, and the relationship between the displacement field and the strain is given.

$$\varepsilon_x = \partial u_0 / \partial x - (z - h_0) \partial \theta / \partial x; \gamma_{xz} = \partial w_0 / \partial x - \theta. \quad (1.3)$$

In this case, the stress-strain relationship is

$$\sigma_x = E(z)\varepsilon_x; \tau_{xz} = \psi G(z)\gamma_{xz}. \quad (1.4)$$

Assuming the beam is subjected to a horizontally distributed load $q(x, t)$, using Hamilton's principle, we can establish the equation of motion in the time domain.

$$\begin{aligned} (I_{11}\ddot{u} - A_{11}u'') - (I_{12}\ddot{\theta} - A_{12}\theta'') &= 0; \\ (I_{12}\ddot{u} - A_{12}u'') - (I_{22}\ddot{\theta} - A_{22}\theta'') + A_{33}(w' - \theta) &= 0; \\ I_{11}\ddot{w} - A_{33}(w'' - \theta') &= q(x, t), \end{aligned} \quad (1.5)$$

in there:

$$\begin{aligned} (A_{11}, A_{12}, A_{22}) &= \int_A E(z)(1, z - h_0, (z - h_0)^2) dA; \quad A_{33} = \psi \int_A G(z) dA; \\ (I_{11}, I_{12}, I_{22}) &= \int_A \rho(z)(1, z - h_0, (z - h_0)^2) dA. \end{aligned} \quad (1.6)$$

In the frequency domain, equation (1.5) takes the form:

$$\begin{aligned} (\omega^2 I_{11}U + A_{11}U'') - (\omega^2 I_{12}\Theta + A_{12}\Theta'') &= 0; \\ (\omega^2 I_{12}U + A_{12}U'') - (\omega^2 I_{22}\Theta + A_{22}\Theta'') - A_{33}(W' - \Theta) &= 0; \\ \omega^2 I_{11}W + A_{33}(W'' - \Theta') &= Q, \end{aligned} \quad (1.7)$$

in there:

$$\{U, \Theta, W\} = \int_{-\infty}^{\infty} \{u_0(x, t), \theta(x, t), w_0(x, t)\} e^{-i\omega t} dt; \quad Q(x, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} q(x, t) e^{-i\omega t} dt. \quad (1.8)$$

If we include matrices and vectors

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} A_{11} & -A_{12} & 0 \\ A_{12} & -A_{22} & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -A_{33} \\ 0 & -A_{33} & 0 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{C}(\omega) = \begin{bmatrix} \omega^2 I_{11} & -\omega^2 I_{12} & 0 \\ \omega^2 I_{12} & A_{33} - \omega^2 I_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \omega^2 I_{11} \end{bmatrix}; \\ \mathbf{z} &= \{U, \Theta, W\}^T, \quad \mathbf{q} = \{0, 0, Q\}^T, \end{aligned} \quad (1.9)$$

We can write the system of equations (1.7) in the form

$$\mathbf{A}\mathbf{z}'' + \mathbf{B}\mathbf{z}' + \mathbf{C}\mathbf{z} = \mathbf{q}. \quad (1.10)$$

2. The problem of free oscillation

The natural oscillation of the system is determined by the equation

$$\mathbf{A}\mathbf{z}'' + \mathbf{B}\mathbf{z}' + \mathbf{C}\mathbf{z} = 0. \quad (2.1)$$

The solution of equation (2.1) can be found in the form $\mathbf{z} = \mathbf{d}e^{\mu x}$, in which case this equation leads to a system of linear algebraic equations

$$[\mu^2 \mathbf{A} + \mu \mathbf{B} + \mathbf{C}]\mathbf{d} = 0. \quad (2.2)$$

Equation (2.2) gives us a non-zero solution if

$$\det[\mu^2 \mathbf{A} + \mu \mathbf{B} + \mathbf{C}] = 0.$$

Expanding the characteristic equation (2.3) we get

$$\begin{aligned} (\mu^2 A_{33} + \omega^2 I_{11})(\mu^2 A_{12} + \omega^2 I_{12})^2 - (\mu^2 A_{11} + \omega^2 I_{11}) \times \\ \times [(\mu^2 A_{33} + \omega^2 I_{11})(\mu^2 A_{22} + \omega^2 I_{22}) - \omega^2 I_{11} A_{33}] = 0, \end{aligned} \quad (2.3)$$

In fact, this is a third-degree algebraic equation with respect to $\eta = \mu^2$, which always has 3 solutions

η_1, η_2, η_3 , so equation (2.3) will have 6 solutions.

$$\mu_{1,4} = \pm\gamma_1 = \pm\sqrt{\eta_1}; \mu_{2,5} = \pm\gamma_2 = \pm\sqrt{\eta_2}; \mu_{3,6} = \pm\gamma_3 = \pm\sqrt{\eta_3}. \tag{2.4}$$

Therefore, we can express the general solution of equation (2.2) in the form

$$\mathbf{z}_0 = \sum_{j=1}^6 \mathbf{d}_j e^{\mu_j x}$$

or in matrix form

$$\mathbf{z}_0 = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{16} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{26} \\ d_{31} & d_{32} & \dots & d_{36} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} e^{\mu_1 x} \\ \vdots \\ e^{\mu_6 x} \end{Bmatrix}. \tag{2.5}$$

Paying attention to the first and last two equations in (2.1) we have

$$\begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{16} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{26} \\ d_{31} & d_{32} & \dots & d_{36} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{16} \\ \alpha_1 d_{11} & \alpha_2 d_{12} & \dots & \alpha_6 d_{16} \\ \beta_1 d_{11} & \beta_2 d_{12} & \dots & \beta_6 d_{16} \end{bmatrix}, \tag{2.6}$$

in there:

$$\alpha_j = \frac{\omega^2 I_{11} + \mu_j^2 A_{11}}{\omega^2 I_{12} + \mu_j^2 A_{12}}; \beta_j = \frac{(\omega^2 I_{11} + \mu_j^2 A_{11}) \mu_j A_{33}}{(\omega^2 I_{12} + \mu_j^2 A_{12})(\omega^2 I_{11} + \mu_j^2 A_{33})}; j = 1, 2, \dots, 6.$$

At this point, with the characteristic solutions (2.4) it is easy to see:

$$\alpha_4 = \alpha_1; \alpha_5 = \alpha_2; \alpha_6 = \alpha_3; \beta_4 = -\beta_1; \beta_5 = -\beta_2; \beta_6 = -\beta_3 \tag{2.7}$$

in there:

$$\alpha_j = \frac{\omega^2 I_{11} + \eta_j A_{11}}{\omega^2 I_{12} + \eta_j A_{12}}; \beta_j = \frac{(\omega^2 I_{11} + \eta_j A_{11}) \gamma_j A_{33}}{(\omega^2 I_{12} + \eta_j A_{12})(\omega^2 I_{11} + \eta_j A_{33})}; j = 1, 2, 3.$$

Using formulas (2.6), (2.7) we can rewrite equation (2.5) as follows:

$$\mathbf{z}_0(x, \omega) = \mathbf{\Phi}(x, \omega) \mathbf{d}_0, \tag{2.8}$$

where $\mathbf{d}_0 = (d_{11}, \dots, d_{16})^T$ are the constants to be found and

$$\mathbf{\Phi}(x, \omega) = [\mathbf{\Phi}_1(x, \omega) \quad \mathbf{\Phi}_2(x, \omega)];$$

$$\mathbf{\Phi}_1(x, \omega) = \begin{bmatrix} e^{\gamma_1 x} & e^{\gamma_2 x} & e^{\gamma_3 x} \\ \alpha_1 e^{\gamma_1 x} & \alpha_2 e^{\gamma_2 x} & \alpha_3 e^{\gamma_3 x} \\ \beta_1 e^{\gamma_1 x} & \beta_2 e^{\gamma_2 x} & \beta_3 e^{\gamma_3 x} \end{bmatrix}; \mathbf{\Phi}_2(x, \omega) = \begin{bmatrix} e^{-\gamma_1 x} & e^{-\gamma_2 x} & e^{-\gamma_3 x} \\ \alpha_1 e^{-\gamma_1 x} & \alpha_2 e^{-\gamma_2 x} & \alpha_3 e^{-\gamma_3 x} \\ -\beta_1 e^{-\gamma_1 x} & -\beta_2 e^{-\gamma_2 x} & -\beta_3 e^{-\gamma_3 x} \end{bmatrix} \tag{2.9}$$

Applying the general boundary conditions $\Gamma_0 \{\mathbf{z}\}|_{x=0} = 0; \Gamma_1 \{\mathbf{z}\}|_{x=L} = 0$ to the general solution (2.8) with Γ_0, Γ_1 first-order differential operators for x , we get

$$\Gamma(\omega) \mathbf{d}_0 = 0, \tag{2.10}$$

where the matrix $\Gamma(\omega)$ is equal to

$$\Gamma(\omega) \equiv \begin{bmatrix} \Gamma_{11} & \Gamma_{12} \\ \Gamma_{21} & \Gamma_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Gamma_0 \mathbf{\Phi}_1|_{x=0} & \Gamma_0 \mathbf{\Phi}_2|_{x=0} \\ \Gamma_1 \mathbf{\Phi}_1|_{x=L} & \Gamma_1 \mathbf{\Phi}_2|_{x=L} \end{bmatrix}. \tag{2.11}$$

For (2.11) to have a non-zero solution, then

$$\det \Gamma(\omega) = 0$$

Or

$$f(\omega) \equiv \det[\Gamma_{11}(\omega) - \Gamma_{12}(\omega)\Gamma_{22}^{-1}(\omega)\Gamma_{21}(\omega)] = 0. \quad (2.12)$$

This is the equation for determining the natural frequency and is called the frequency equation. For each solution of equation (2.12) $\omega_k, k = 1, 2, \dots$ we get a solution of equation (2.10), denoted \mathbf{d}_{0k} as and so we have a natural oscillation mode.

$$\boldsymbol{\varphi}_k(x) = \boldsymbol{\Phi}(x, \omega_k)\mathbf{d}_{0k}. \quad (2.13)$$

As we know, the solution \mathbf{d}_{0k} contains an arbitrary constant, which can be chosen by normalizing the particular form, for example.

$$\max_x \{\boldsymbol{\Phi}(x, \omega_k)\mathbf{d}_{0k}\} = 1, \quad (2.14)$$

Then we obtain the standardized solution.

3. Transmission matrix – Frequency response

By definition, a matrix $\mathbf{H}(x, \omega)$ is called the transfer matrix of system (1.10) if it satisfies the equation

$$\mathbf{A}\mathbf{H}'' + \mathbf{B}\mathbf{H}' + \mathbf{C}\mathbf{H} = 0; \mathbf{H}(0) = [0]; \mathbf{H}'(0) = \mathbf{I}_3. \quad (3.1)$$

If we denote the column vectors of the matrix $\mathbf{H}(x, \omega)$ as $\mathbf{h}_j(x, \omega), j = 1, 2, 3$, then matrix equation (3.1) can be written as

$$\mathbf{A}\mathbf{h}_j'' + \mathbf{B}\mathbf{h}_j' + \mathbf{C}\mathbf{h}_j = 0; j = 1, 2, 3, \quad (3.2)$$

$$\mathbf{h}_j(0) = [0]; j = 1, 2, 3; \mathbf{h}'_1(0) = (1, 0, 0)^T = \mathbf{e}_1; \mathbf{h}'_2(0) = (0, 1, 0)^T = \mathbf{e}_2; \mathbf{h}'_3(0) = (0, 0, 1)^T = \mathbf{e}_3.$$

According to (2.8), the general solution of (3.2) can be expressed in the form $\mathbf{h}_j(x) = \boldsymbol{\Phi}(x, \omega)\mathbf{d}_j$, so we have

$$\boldsymbol{\Phi}(0, \omega)\mathbf{d}_j = 0; \boldsymbol{\Phi}'(0, \omega)\mathbf{d}_j = \mathbf{e}_j, j = 1, 2, 3 \quad (3.3)$$

or in matrix form

$$\begin{bmatrix} \mathbf{G}_1 & \mathbf{G}_2 \\ \mathbf{G}_1\boldsymbol{\Lambda} & -\mathbf{G}_2\boldsymbol{\Lambda} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{D}_1 \\ \mathbf{D}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{I}_3 \end{bmatrix}, \quad (3.4)$$

in which the symbol

$$\mathbf{G}_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \end{bmatrix}; \mathbf{G}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ -\beta_1 & -\beta_2 & -\beta_3 \end{bmatrix}; \boldsymbol{\Lambda} = \begin{bmatrix} \gamma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_3 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{D}_1 = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} \end{bmatrix}; \mathbf{D}_2 = \begin{bmatrix} d_{14} & d_{15} & d_{16} \\ d_{24} & d_{25} & d_{26} \\ d_{34} & d_{35} & d_{36} \end{bmatrix}; \mathbf{I}_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.5)$$

It is easy to see that the solution of equation (3.4) has the form

$$\mathbf{D}_1 = [\mathbf{G}_1\boldsymbol{\Lambda} + \mathbf{G}_2\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{G}_2^{-1}\mathbf{G}_1]^{-1}; \mathbf{D}_2 = -\mathbf{G}_2^{-1}\mathbf{G}_1\mathbf{D}_1. \quad (3.6)$$

Therefore, we obtain the basic solution matrix or the transfer matrix.

$$\mathbf{H}(x, \omega) = [\mathbf{G}_1\mathbf{E}_1(x) - \mathbf{G}_2\mathbf{E}_2(x)\mathbf{G}_2^{-1}\mathbf{G}_1]\mathbf{D}_1. \quad (3.7)$$

4. Dynamic stiffness matrix

Consider a two-dimensional beam element made of FGM material that conforms to law (1.1). Let the nodal coordinates and nodal forces be denoted as follows:

$$\mathbf{U} = \{U_1, \Theta_1, W_1, U_2, \Theta_2, W_2\}^T; \mathbf{P} = \{N_1, M_1, Q_1, N_2, M_2, Q_2\}^T, \quad (4.1)$$

in there:

$$\begin{aligned} U_1 &= z_1(0, \omega); \Theta_1 = z_2(0, \omega), W_1 = z_3(0, \omega); \\ U_2 &= z_1(L, \omega); \Theta_2 = z_2(L, \omega), W_2 = z_3(L, \omega); \end{aligned} \tag{4.2}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= (A_{11}\partial_x z_1 - A_{12}\partial_x z_2)_{x=0}; M_1 = (A_{12}\partial_x z_1 - A_{22}\partial_x z_2)_{x=0}; Q_1 = A_{33}(z_2 + \partial_x z_3)_{x=0}; \\ N_2 &= -(A_{11}\partial_x z_1 - A_{12}\partial_x z_2)_{x=L}; M_1 = -(A_{12}\partial_x z_1 - A_{22}\partial_x z_2)_{x=L}; Q_1 = -A_{33}(z_2 + \partial_x z_3)L. \end{aligned}$$

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} \Phi(0, \omega) \\ \Phi(L, \omega) \end{bmatrix} \mathbf{d} + \begin{Bmatrix} 0 \\ \mathbf{z}_q(L) \end{Bmatrix}; \mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_1\{\Phi\}_{x=0} \\ \mathbf{P}_2\{\Phi\}_{x=L} \end{bmatrix} \cdot \mathbf{d} + \begin{Bmatrix} \mathbf{P}_1\{\mathbf{z}_q\}_{x=0} \\ \mathbf{P}_2\{\mathbf{z}_q\}_{x=L} \end{Bmatrix}, \tag{4.3}$$

Eliminating the constant vector \mathbf{d} in (4.2) we get

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_1\{\Phi\}_{x=0} \\ \mathbf{P}_2\{\Phi\}_{x=L} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Phi(0, \omega) \\ \Phi(L, \omega) \end{bmatrix}^{-1} \cdot \mathbf{U} + \begin{Bmatrix} \mathbf{P}_1\{\mathbf{z}_q\}_{x=0} \\ \mathbf{P}_2\{\mathbf{z}_q\}_{x=L} \end{Bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{P}_1\{\Phi\}_{x=0} \\ \mathbf{P}_2\{\Phi\}_{x=L} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Phi(0, \omega) \\ \Phi(L, \omega) \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} 0 \\ \mathbf{z}_q(L) \end{Bmatrix},$$

Or:

$$\{\mathbf{P}(\omega)\} = [\mathbf{K}(\omega)] \cdot \{\mathbf{U}\} + \{\mathbf{F}\}, \tag{4.4}$$

in there:

$$[\mathbf{K}] = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_1\{\Phi\}_{x=0} \\ \mathbf{P}_2\{\Phi\}_{x=L} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Phi(0, \omega) \\ \Phi(L, \omega) \end{bmatrix}^{-1}; \tag{4.5}$$

$$\{\mathbf{F}\} = \begin{Bmatrix} \mathbf{P}_1\{\mathbf{z}_q\}_{x=0} \\ \mathbf{P}_2\{\mathbf{z}_q\}_{x=L} \end{Bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{P}_1\{\Phi\}_{x=0} \\ \mathbf{P}_2\{\Phi\}_{x=L} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Phi(0, \omega) \\ \Phi(L, \omega) \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} 0 \\ \mathbf{z}_q(L) \end{Bmatrix} \tag{4.6}$$

These are the dynamic stiffness matrix and the nodal load matrix of the FGM beam element under consideration, respectively.

5. Conclusion

This report presents a general model and solution for the vibration problem of FGM beams in the frequency domain. Using this model, we can study the axial and bending vibrations of FGM beams simultaneously and accurately. Furthermore, this model allows for the development of FGM beam elements for studying FGM frames and trusses.

References:

1. Birman V. and Byrd L.W. (2007) Modeling and Analysis of Functional Graded Materials and Structures. Applied Mechanics Reviews 60, 195–215.
2. Zheng Zhong and Tao Yu (2007) Analytical solution of a cantilever functionally graded beam. Composite Science and Technology 67, 481-488.

© Tran Thi Tram, 2026

Tran Thi Tram

Master at University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

KINEMATICS CALCULATION OF A 4-JOINT ROBOT

Annotation

When studying robot motion, we need to know the "position and orientation" of the robot's end-

effector (E) at all times. Often, we also need to know the robot's velocity and acceleration. The solutions to these problems are determined from the robot's kinematic equations. These are built on establishing relationships between the dynamic coordinate systems associated with each moving joint and the fixed coordinate system.

Keywords:

robot, kinematics.

1. Robot forward kinematics

The robot's forward kinematics equations are as follows:

$$\begin{bmatrix} \bar{n} & \bar{s} & \bar{a} & \bar{p} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = A_1 A_2 \dots A_n \tag{1.1}$$

In this context: $\bar{n}, \bar{s}, \bar{a}$ are the unit vectors indicating the axes of the coordinate system associated with the robot's end effector E. The components of these vectors are defined in a fixed coordinate system.

* \bar{p} is the vector that defines the position of the end effector point E in the fixed coordinate system.

* $A_i (i = 1, \dots, n)$ this is a matrix describing the position and orientation of the i joint relative to the $i - 1$ joint. These coordinate systems are denoted by 0 to n , starting from the fixed value.

The matrix A_i is constructed by the product of 4 matrices corresponding to the 4 basic transformation steps.

$$A_i = R(Z, \theta_i) \cdot T_p(0, 0, d_i) \cdot T_p(a_i, 0, 0) \cdot R(x, \alpha) \tag{1.2}$$

This expression is called the DH (Denavit-Hartenberg) model. The rotations (R) and translations (T) in expression (1.2) are defined by the transformation parameters, abbreviated as the DH parameter set.

The DH model approach for kinematic modeling proves convenient in solving robot mechanics problems, and is therefore widely used.

After multiplying the aforementioned matrices, we have:

$$A_i = \begin{bmatrix} C_{\theta_i} & -S_{\theta_i} C_{\alpha_i} & S_{\theta_i} S_{\alpha_i} & a_i C_{\theta_i} \\ S_{\theta_i} & C_{\theta_i} C_{\alpha_i} & -C_{\theta_i} S_{\alpha_i} & a_i S_{\theta_i} \\ 0 & S_{\alpha_i} & C_{\alpha_i} & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{1.3}$$

For translational joints ($\alpha = 0$), the matrix A_i takes the form:

$$A_i = \begin{bmatrix} C_{\theta_i} & -S_{\theta_i} C_{\alpha_i} & S_{\theta_i} S_{\alpha_i} & 0 \\ S_{\theta_i} & C_{\theta_i} C_{\alpha_i} & -C_{\theta_i} S_{\alpha_i} & 0 \\ 0 & S_{\alpha_i} & C_{\alpha_i} & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{1.4}$$

For a rotating joint, the joint variation is θ_i , while for a fixed joint, the joint variation is d_i .

The matrix T_i is the product of matrices A_i and is the matrix describing the position and orientation of the coordinate system attached to the i joint, relative to the fixed coordinate system. In the case $i = n$, where n is the number indicating the coordinate system attached to the "end point of action" (E), then we have.

$$T_n = A_1 A_2 \dots A_n \tag{1.5}$$

On the other hand, the coordinate system at this "end point of impact" is described by the matrix T_E . So it is obvious that:

$$T_E = T_n \tag{1.6}$$

Or:

$$\begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x & p_x \\ n_y & s_y & a_y & p_y \\ n_z & s_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = T_n \tag{1.7}$$

Equation (1.7) is the basic kinematic equation of the robot.

The input data of the software program that automatically sets the kinematic equations is also the DH parameter set.

2. Applying 4-joint robot computation

The 4-joint robot has the rotation angle and dimensions shown in Figure 1.

- Shoulder joint: 1800
- Elbow joint: 2400
- Wrist joint: 3600
- Transverse joint at the wrist: 150 mm

2.1. Determine the coordinate systems of the 4-joint robot.

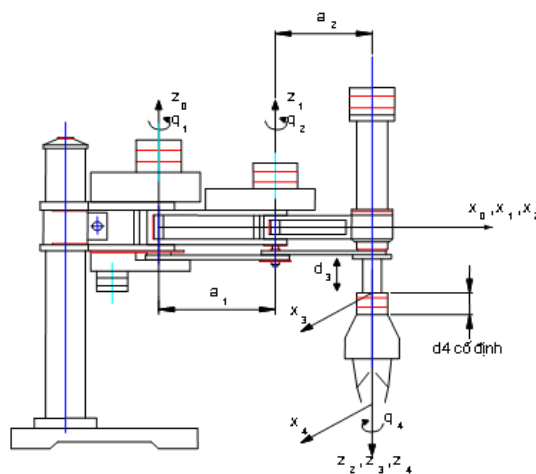


Figure 1 – Instructions for the 4-joint robot

2.2. 4-joint robot DH specifications table

Joint	q_i	α_i	a_i	d_i
1	q_1^*	0	a_1	0
2	q_2^*	180°	a_2	0
3	0	0	0	d_3^*
4	q_4^*	0	0	d_4

2.3. Determine the matrices A_i of the 4-joint robot.

$$A_1 = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 & a_1 C_1 \\ S_1 & C_1 & 0 & a_1 S_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} C_2 & S_2 & 0 & a_2 C_2 \\ S_2 & -C_2 & 0 & a_2 S_2 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} C_4 & -S_4 & 0 & 0 \\ S_4 & C_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_4 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

2.4. Calculate the matrices T_i of the 4-joint robot.

$${}^3T_4 = A_4 = \begin{bmatrix} C_4 & -S_4 & 0 & 0 \\ S_4 & C_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_4 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

$$T_4 = \begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x & p_x \\ n_y & s_y & a_y & p_y \\ n_z & s_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$${}^2T_4 = A_3 A_4 = \begin{bmatrix} C_4 & -S_4 & 0 & 0 \\ S_4 & C_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_4 + d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

$${}^1T_4 = A_2 A_3 A_4 = \begin{bmatrix} \cos(q_2 - q_4) & \sin(q_2 - q_4) & 0 & C_2 a_2 \\ \sin(q_2 - q_4) & -\cos(q_2 - q_4) & 0 & S_2 a_2 \\ 0 & 0 & -1 & -d_4 - d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

$$T_4 = A_1^{-1}T_4 = \begin{bmatrix} \cos(q_1 + q_2 - q_4) & \sin(q_1 + q_2 - q_4) & 0 & a_2C_{12} + a_1C_1 \\ \sin(q_1 + q_2 - q_4) & -\cos(q_1 + q_2 - q_4) & 0 & a_2S_{12} + a_1S_1 \\ 0 & 0 & -1 & -d_4 - d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

2.5. 4-joint robot kinematic equations

$$\begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x & p_x \\ n_y & s_y & a_y & p_y \\ n_z & s_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = T_4 \quad (2.10)$$

We have implemented the following program:

$$\rightarrow \begin{cases} n_x = \cos(q_1 + q_2 - q_4) \\ n_y = \sin(q_1 + q_2 - q_4) \\ n_z = 0 \\ s_x = \sin(q_1 + q_2 - q_4) \\ s_y = -\cos(q_1 + q_2 - q_4) \\ s_z = 0 \\ a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -1 \\ p_x = a_2C_{12} + a_1C_1 \\ p_y = a_2S_{12} + a_1S_1 \\ p_z = -d_4 - d_3 \end{cases} \quad (2.11)$$

References:

1. Nguyen Thien Phuc, Industrial Robots. Science and Technics Publishing House, Hanoi, 2002.

© Tran Thi Tram, 2026



СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Reyimov Dayanch, lecturer.

Charyyev Guvanch, student.

International Horse Breeding academy named after Aba Annayev

Kakayeva Aygul, student.

Pedagogical secondary vocational school named after Berdimuhamed Annaev of Arkadag city

Arkadag, Turkmenistan

THE DUAL NEXUS: MARKET INTEGRATION AND SANITARY EXPERTISE IN AGRICULTURAL VALUE CHAINS

Abstract

The global trade of agricultural commodities demands a sophisticated balance between rapid market penetration and rigorous biological safety monitoring. This article examines the intersection of Agro-Marketing Strategies and Sanitary and Phytosanitary (SPS) Expertise. By analyzing supply chain logistics, the economic impact of non-tariff barriers, the execution of veterinary-sanitary examinations, and digital traceability architectures, this study establishes a comprehensive framework for optimizing agricultural distribution networks while ensuring absolute consumer biosecurity.

Keywords:

agro-marketing, sanitary expertise, phytosanitary compliance, HACCP, food safety, supply chain logistics, traceability.

Introduction

Modern agricultural systems operate within a highly volatile environment. Unlike manufactured goods, agricultural products are perishable, seasonally dependent, and highly susceptible to biological contamination. Maximizing profitability in this sector requires advanced marketing frameworks capable of managing volatile supply scales and consumer behavior shifts.

However, aggressive marketing and rapid distribution cannot exist in a vacuum. The speed of contemporary logistics increases the risk of spreading foodborne pathogens, chemical contaminants, and invasive agricultural pests across borders. Therefore, Sanitary and Phytosanitary Expertise serves as both a regulatory gatekeeper and a marketing asset. True value optimization occurs when rigorous food safety metrics are seamlessly integrated into the commercial branding, pricing, and distribution strategies of agricultural enterprises.

1. Strategic Agro-Marketing Dynamics

Market Segmentation and Perishability Logistics

Agricultural marketing relies heavily on cold-chain logistical efficiency. Products are segmented into distinct commercial categories, each requiring a specialized market approach.

To maintain product value, marketing teams use Dynamic Pricing Optimization models. These systems automatically adjust price points based on real-time shelf-life tracking data, historical local demand curves, and local climate shifts. This data-driven approach minimizes product loss and optimizes revenue velocity before spoilage occurs.

Branding Through Quality Assurances

In modern consumer spaces, product transparency has become a primary differentiator. Marketing campaigns leverage official health, safety, and geographical certifications as core brand assets:

- **Protected Designation of Origin (PDO):** Capitalizes on regional heritage and specific soil-climate attributes to command premium prices.

- **Certified Organic & Non-GMO Seals:** Target high-income demographics willing to pay premium

prices for verified production methods.

2. The Mechanics of Sanitary and Phytosanitary Expertise

Sanitary expertise acts as a critical line of defense, validating that commodities are safe for human consumption and free of eco-system threats before they enter commercial channels.

Toxicological and Pathogen Screening

Expert safety inspection teams perform systematic chemical and microbiological testing on incoming lots. This process isolates risk factors across three primary contamination areas:

Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) Implementation

Sanitary compliance relies on the strict application of HACCP frameworks throughout processing plants. Inspectors systematically map out **Critical Control Points (CCPs)**—specific stages in production where contamination risks can be actively prevented, eliminated, or reduced to acceptable safety levels.

By continuously monitoring indicators like pasteurization temperatures and processing-line acidity levels, facilities catch potential contamination events before products leave the factory floor.

3. The Commercial Impact of Sanitary Trade Barriers

In international economics, sanitary regulations can function as non-tariff barriers to trade. The World Trade Organization (WTO) enforces the SPS Agreement, which dictates that safety standards must be built on sound scientific principles rather than protectionist economic goals.

When a country detects an infectious outbreak—such as Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE) or Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI)—importing nations immediately issue trade bans. For agricultural exporters, a single failure in sanitary monitoring can result in total market exclusion, causing immediate financial losses, supply gluts, and long-term damage to the nation's agricultural reputation.

4. Digital Traceability: Unifying Safety and Marketing

The ultimate integration of marketing strategy and sanitary expertise is achieved through modern **Digital Traceability Frameworks**. Utilizing immutable blockchain ledgers and secure QR code labeling, agricultural enterprises map the entire journey of a product from the field to the retail shelf.

This transparent digital architecture delivers dual-channel value:

1. **Sanitary Functionality:** If a contamination event occurs, recall teams can instantly trace the affected batch back to its exact farm plot and processing hour. This prevents blanket food recalls and isolates consumer risk within minutes.

2. **Marketing Value:** Consumers scan the package's QR code on their smartphones to view verified data regarding harvest dates, soil quality metrics, water usage efficiency, and official chemical safety clearance certificates. This level of transparency builds deep brand trust and commands higher customer loyalty.

Conclusion

The financial sustainability of modern agriculture depends on the successful alignment of marketing velocity and sanitary safety. By treating sanitary expertise not as a regulatory burden, but as a core pillar of quality assurance, agricultural brands can insulate themselves from supply chain disruptions and regulatory trade penalties. As digital traceability networks become the global standard, the integration of food safety metrics into commercial marketing strategies will remain the decisive factor in securing international market access and long-term consumer trust.

References:

1. Kotler, P. and Armstrong, G. Principles of Marketing: Global Agricultural Adjustments. — Pearson Education, 19th ed., 2024.
2. Journal of Food Protection and Biochemical Safety Informatics, Evaluating Mass Spectrometry Diagnostics for Real-Time Pesticide Detection at Regional Borders, Vol. 33, No. 2, January 2025.

3. International Review of Agricultural Economics, The Cost Impact of Non-Tariff Sanitary and Phytosanitary Barriers in South American Fruit Trade, 2025.
4. Annual Review of Food Science and Technology, Blockchain Architecture Performance and Critical Control Point Logging in Global Cold-Chains, May 2026.

© Reyimov D., Charyyev G., Kakayeva A., 2026



ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Allamyradova Annatach,

lecturer.

International Horse Breeding academy named after Aba Annayev

Meredova Mahriban,

student.

Pedagogical secondary vocational school named after Berdimuhamed Annaev of Arkadag city

Arkadag, Turkmenistan

THE ALGORITHMIC ENGINE: STRUCTURAL ARCHITECTURES, DECENTRALIZED NETWORKS, AND COGNITIVE CAPITAL IN THE DIGITAL ECONOMY

Abstract

The global macroeconomic landscape is undergoing a fundamental structural transition, shifting from legacy industrial asset allocation to an ecosystem dictated by data velocity, computational automation, and decentralized network topologies. This article examines the core mechanisms driving the modern Digital Economy. By evaluating the programmatic monetization of data infrastructure, the architectural integration of Decentralized Finance (DeFi) and asset tokenization, the transition toward machine-to-machine (M2M) autonomous commerce, and the shifting dynamics of cognitive human capital, this study provides an advanced framework for understanding the systemic transformations rewriting global productivity.

Keywords:

Digital Economy, Hyper-Scale Data Platforms, Decentralized Finance (DeFi), Tokenization, Autonomous Commerce, Cognitive Capital, Machine-to-Machine (M2M), Network Effects.

Introduction

The classical economic model—built on physical land, manual labor, and industrial capital—is no longer the exclusive driver of global value creation. In its place, the Digital Economy has emerged as a hyper-connected, programmatic framework where value is generated, distributed, and compounded through digital bits rather than physical atoms.

Unlike traditional physical commodities, which face diminishing returns due to scarcity, digital assets operate under a model of near-zero marginal cost reproduction and compounding returns driven by network dynamics. This shift does not simply add a digital layer to old economic systems; it rewrites the fundamental rules of market access, corporate structures, and sovereign financial oversight. This article breaks down the technical, financial, and structural pillars that define this new global computational marketplace.

1. The Architectural Pillars of Digital Commerce

The modern digital marketplace is supported by a layered, interconnected technical architecture that transforms raw user activity and processing power into programmatic economic value.

Hyper-Scale Data Infrastructure and the Feedback Loop

At the foundational level, the digital economy relies on cloud computing, edge networks, and massive distributed server systems. This physical infrastructure powers a continuous data feedback loop that serves as the primary engine for modern corporate growth:

By processing vast pools of real-time behavioral metrics through advanced machine learning pipelines, digital platforms can predict and influence consumer choices with extreme accuracy. This process turns data into a distinct form of capital asset—one that grows more valuable as more users interact with the system.

Platform Economics and the Network Multiplier Effect

Modern digital enterprises leverage Platform Economics to act as decentralized matchmakers between

supply and demand. By building multi-sided digital marketplaces, these companies enjoy exponential expansion driven by direct and indirect network multiplier effects:

As new users join a digital ecosystem, the utility of the network scales exponentially for all existing participants. This unique dynamic creates strong winner-take-all market environments, where leading platforms secure massive market dominance by keeping user acquisition costs incredibly low compared to legacy physical businesses.

2. Tokenization, Programmable Money, and DeFi Architecture

The financial layer of the digital economy is moving away from centralized clearing houses toward automated, cryptographically secured ledgers that operate continuously on a global scale.

Asset Tokenization and Fractionalization

One of the most significant shifts in modern finance is the transformation of traditional assets into digital tokens on distributed ledgers. **Asset Tokenization** converts ownership rights of real-world assets (such as real estate, fine art, or corporate bonds) into digital tokens.

This fractionalization splits high-value, illiquid assets into thousands of individual digital tokens. By removing expensive intermediary brokers and automating compliance through smart contracts, tokenization opens up access to global capital pools, lowers investment thresholds, and introduces 24/7 liquidity to traditionally slow-moving asset classes.

3. The Autonomous Economy: M2M Commerce and Generative AI

The digital economy is entering its next structural phase: the transition from human-mediated transactions to autonomous, machine-to-machine (M2M) commercial networks powered by Generative AI and advanced automation.

Machine-to-Machine (M2M) Microtransactions

As Internet of Things (IoT) sensors and edge devices integrate deeper into supply chains, machines are becoming active, independent economic agents. In an autonomous manufacturing facility, an IoT-enabled assembly node can independently monitor its own mechanical wear, connect to an open API vendor marketplace, negotiate pricing terms with a parts supplier, and execute an encrypted micropayment using stablecoins—all without human oversight. This slashes operational friction and allows logistics and manufacturing networks to self-optimize in real time.

Generative AI as an Operational Orchestration Layer

Generative Artificial Intelligence has moved past simple content creation to become a dynamic operational engine that automates complex corporate workflows:

- **Dynamic Code Synthesis:** Software engineering platforms use AI agents to write, test, and deploy code autonomously, significantly accelerating software development lifecycles.
- **Algorithmic Procurement:** Enterprise AI agents analyze macro supply chain data, identify shifting geopolitical risks, and automatically restructure corporate purchasing contracts to secure optimal pricing and material delivery schedules.
- **Hyper-Personalized Customer Journeys:** Real-time translation and customized generation pipelines adapt corporate interfaces to match the specific cultural, linguistic, and emotional profile of individual consumers instantly.

4. Human Capital Transformation: The Shift to Cognitive Specialization

As routine cognitive tasks and manual workflows become fully automated, the value of human labor is shifting toward highly specialized, creative, and strategic domains.

In the digital economy, the primary asset of human capital is no longer speed or repetitive accuracy, but **algorithmic literacy** and **system design expertise**. Workers must pivot away from transactional tasks toward higher-level responsibilities, such as managing complex AI agent frameworks, designing

cryptographic security models, and guiding ethical boundaries for automated systems. This rapid transition demands a continuous learning model, where adaptability and systemic thinking serve as the ultimate shields against professional obsolescence.

Conclusion

The Digital Economy represents a profound restructuring of human productivity and value distribution. By replacing the constraints of physical scarcity with the compounding dynamics of network multiplication, computational automation, and decentralized finance, this new paradigm challenges centuries of established economic theory. The enterprises and nations that achieve long-term economic resilience will be those that view data not merely as a record of historical transactions, but as a dynamic capital asset. As autonomous machine commerce matures and asset tokenization redefines investment liquidity, the integration of algorithmic efficiency and programmatic safety will remain the decisive factor in securing global market leadership and lasting economic stability.

References:

1. Brynjolfsson, E. and McAfee, A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. — W. W. Norton & Company, 2014.
2. *Journal of Digital Macroeconomics and Network Informatics, Modeling Metcalfe's Multiplier Dynamics in Hyper-Scale Decentralized Application Marketplaces*, Vol. 45, No. 1, January 2025.
3. *International Review of Cryptographic Finance and Tokenomics, The Quantitative Liquidity Impact of Real-World Asset Fractionalization on Sovereign Bond Markets*, 2025.
4. *Annual Review of Autonomous Systems and Computational Economics, Analyzing Machine-to-Machine Microtransaction Settlement Velocity on Layer-2 Blockchain Networks*, May 2026.

© Allamyradova A., Meredova M., 2026

Allamyradova Annatach,

lecturer.

International Horse Breeding academy named after Aba Annayev

Melayeva Ayperi,

student.

Pedagogical secondary vocational school named after Berdimuhamed Annaev of Arkadag city

Arkadag, Turkmenistan

THE BITSTREAM ENGINE: SYNTHETIC ECOSYSTEMS, CRYPTOGRAPHIC CAPITAL, AND AUTONOMOUS AUTOMATION IN THE DATA-SYNTHEZED VALUE NETWORK

Abstract

The global economic landscape is undergoing a structural shift, moving away from classic industrial paradigms toward an advanced model of value creation: the Data-Synthesized Value Network. Driven by rapid data processing, decentralized computational protocols, and automated machine learning intelligence, this network alters traditional economic mechanics. This article analyzes the technical and structural components of this shifting system. By evaluating the monetization of hyper-scale platform architectures, the deployment of programmable finance via fractionalized token assets, the rise of machine-to-machine (M2M) commerce, and the changing demands on cognitive human capital, this study provides an academic framework for navigating modern market productivity.

Keywords:

Data-Synthesized Value Network, Algorithmic Capital, Decentralized Ledger Technology, Autonomous Commerce, Cognitive Human Capital, Platform Economics, Network Effects.

Introduction

For centuries, classical economic models classified land, labor, and industrial equipment as the foundational drivers of productivity. In the contemporary market, however, these tangible inputs are increasingly guided by a faster, digital framework: the Data-Synthesized Value Network. Within this environment, economic worth is created, scaled, and captured through programmable code rather than raw physical assets.

Unlike physical commodities, which are subject to supply depletion and depreciation, digital data assets operate under near-zero marginal cost reproduction and scale exponentially through network dynamics. This transition does not simply overlay digital tools onto old business workflows; it alters the core mechanics of market accessibility, corporate governance, and fiscal oversight. This article explores the technical foundations, decentralized infrastructure, and structural changes defining this automated global marketplace.

1. Structural Architecture of the Bitstream Network

The modern automated marketplace is built on a layered, open technical pipeline that converts user activity, data pathways, and processing metrics into predictable financial value.

The Predictive Machine Learning Feedback Loop

At the foundational tier, the system depends on distributed server arrays, edge devices, and global fiber networks. This physical architecture drives a continuous feedback loop that acts as a primary source of corporate value creation:

By streaming vast pools of user interaction metrics through specialized machine learning pipelines, modern systems evaluate and predict micro-consumer choices with high precision. This processing turns raw analytical information into a unique form of capital asset—one that naturally increases in utility as network usage scales.

Platform Networks and the Multiplier Phenomenon

Modern enterprises utilize open platform mechanics to act as friction-free coordinators between production and demand. By designing multi-sided digital spaces, these organizations leverage network effects where growth scales non-linearly:

As new nodes connect to a data ecosystem, the net utility of the entire system increases exponentially for all current participants. This mathematical dynamic yields highly consolidated market spaces, where leading platforms secure deep operational advantages by reducing marginal user acquisition costs relative to traditional, asset-heavy industrial competitors.

2. Programmable Liquidity and Cryptographic Ledgers

The transactional infrastructure of the modern data network is transitioning from centralized banking centers toward open, cryptographically secured ledgers operating globally on a continuous basis.

Asset Tokenization and Market Fractionalization

A major evolution within contemporary finance is the conversion of traditional physical titles into modular cryptographic records. **Asset Tokenization** transforms ownership rights of real-world assets (such as multi-family real estate, corporate debt instruments, or shipping containers) into programmable digital tokens.

This structural fractionation breaks down historically illiquid, high-capital assets into thousands of individual digital tokens. By eliminating third-party clearing houses and enforcing compliance parameters

natively within the code, tokenization opens up access to global liquidity pools, reduces investment entry thresholds, and enables 24/7 trading for traditionally slow-moving asset classes.

Decentralized Finance and Automated Exchange Protocols

Decentralized Finance (DeFi) replicates legacy investment banking mechanisms (such as borrowing, lending, and derivative settlement) via automated smart contracts, removing the need for traditional intermediary validation.

3. The Autonomous Machine Economy

The data network is entering an advanced phase characterized by the transition from human-directed transactions to independent, machine-to-machine (M2M) commerce managed by artificial intelligence agents and secure APIs.

Machine-to-Machine (M2M) Microtransactions

As Internet of Things (IoT) sensors and edge devices integrate into global logistics frameworks, machines are operating as independent economic actors. For example, an IoT-enabled assembly node within a production facility can monitor its own mechanical degradation, connect to an open API marketplace, negotiate purchase conditions with parts vendors, and execute an encrypted stablecoin micro-payment—without human intervention. This setup minimizes processing delays and allows supply chains to adjust autonomously to real-time wear and resource needs.

AI Agents as Operational System Architects

Generative and specialized artificial intelligence has advanced beyond basic content generation to serve as an active orchestration layer for enterprise processes:

- **Dynamic Code Compilation:** Software operations deploy AI agent structures to write, debug, and push functional code independently, reducing software deployment cycles.
- **Algorithmic Asset Allocation:** Enterprise AI models scan macroeconomic indicators, track maritime logistics risks, and automatically rewrite purchasing agreements to maintain optimized raw material streams.
- **Hyper-Customized Consumer Frameworks:** Real-time synthesis pipelines adapt software interfaces to match the specific cultural, linguistic, and behavioral profile of individual users instantly.

4. Human Capital Transformation: The Cognitive Imperative

As repetitive cognitive tasks and administrative workflows become highly automated, the market value of human labor is realigning toward strategic, creative, and systemic capabilities.

Within the data-synthesized network, the primary value of human capital shifts from task execution speed toward **algorithmic literacy** and **system design expertise**. Personnel must shift away from routine data entry and transactional management toward higher-level responsibilities, such as supervising AI agent configurations, designing cryptographic validation protocols, and determining ethical boundaries for automated systems. This transition requires continuous skill development, where systemic thinking and adaptability serve as essential tools for professional longevity.

Conclusion

The Data-Synthesized Value Network represents a fundamental reorganization of economic productivity and wealth distribution. By replacing physical supply constraints with the accelerating dynamics of network multiplication, machine-led transactions, and programmable finance, this system challenges long-standing tenets of industrial economics. Long-term market resilience will belong to the enterprises and nations that manage data not merely as an operational log, but as a dynamic capital asset. As machine commerce matures and asset tokenization alters market liquidity, the balancing of algorithmic speed with structural security will remain the primary determinant of global market leadership and economic stability.

References:

1. Brynjolfsson, E. and McAfee, A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. — W. W. Norton & Company, 2014.

2. Journal of Digital Macroeconomics and Network Informatics, Modeling Metcalfe's Multiplier Dynamics in Hyper-Scale Decentralized Application Marketplaces, Vol. 45, No. 1, January 2025.
3. International Review of Cryptographic Finance and Tokenomics, The Quantitative Liquidity Impact of Real-World Asset Fractionalization on Sovereign Bond Markets, 2025.
4. Annual Review of Autonomous Systems and Computational Economics, Analyzing Machine-to-Machine Microtransaction Settlement Velocity on Layer-2 Blockchain Networks, May 2026.

© Allamyrdova A., Melayeva A., 2026

Amanova Metjen,
student.

Myratdurdyeva Aygozel,
teacher.

Oguz han Engineering and Technology university of Turkmenistan.
Ashgabat, Turkmenistan.

THE ROLE OF UNIVERSITIES IN SUPPORTING YOUTH ENTREPRENEURSHIP

Annotation

This article examines the critical role that universities play in fostering youth entrepreneurship. As traditional job markets become increasingly competitive and uncertain, entrepreneurship offers young people a pathway to economic independence, innovation, and job creation. Universities are uniquely positioned to support youth entrepreneurship through entrepreneurship education, business incubators and accelerators, mentorship programs, access to funding, and experiential learning opportunities such as business plan competitions and internships with startups. Drawing on recent academic literature and case examples from leading entrepreneurial universities, the study finds that effective university support significantly increases entrepreneurial intention, startup survival rates, and graduates' ability to launch and scale new ventures. However, challenges remain, including curriculum rigidity, limited funding, and insufficient faculty experience. The article concludes with practical recommendations for universities seeking to strengthen their entrepreneurial ecosystems.

Keywords:

youth entrepreneurship, university support, entrepreneurship education, business incubators, startup ecosystem, entrepreneurial intention, experiential learning, mentorship, student startups.

1. Introduction

Youth unemployment remains a pressing global challenge. According to the International Labour Organization (ILO), young people are nearly three times more likely to be unemployed than adults. In this context, entrepreneurship has emerged as a viable alternative to traditional employment. Entrepreneurship enables young people to create their own jobs, generate income, and contribute to economic development. However, starting a business requires knowledge, skills, networks, and resources that most young people lack.

Universities — as centers of learning, research, and community engagement — are ideally positioned to bridge this gap. Beyond delivering traditional degrees, modern universities increasingly recognize their

responsibility to prepare students for entrepreneurial careers. This article explores how universities can effectively support youth entrepreneurship and what impact such support has on entrepreneurial outcomes.

2. Why Youth Entrepreneurship Matters

Youth entrepreneurship offers multiple benefits. For individuals, it provides autonomy, income potential, and career flexibility. For communities, youth-led startups create jobs, introduce innovations, and solve local problems. For economies, youth entrepreneurship drives dynamism and reduces dependency on government employment. However, young entrepreneurs face unique challenges: lack of experience, limited access to capital, absence of professional networks, and fear of failure. Universities can address each of these barriers.

3. Key Ways Universities Support Youth Entrepreneurship

3.1. Entrepreneurship Education

The most direct form of support is academic courses and degree programs in entrepreneurship. Effective entrepreneurship education goes beyond lectures. It includes case studies, guest lectures from successful entrepreneurs, and practical assignments such as writing business plans. Research consistently shows that students who complete entrepreneurship courses have higher entrepreneurial intentions and are more likely to start businesses within five years of graduation.

Best practices include integrating entrepreneurship across disciplines (engineering, arts, sciences) rather than confining it to business schools.

3.2. Business Incubators and Accelerators

Many universities now host on-campus business incubators — dedicated spaces where student startups receive free or low-cost office space, access to equipment, and business development support. Accelerators provide intensive, time-limited programs that help startups refine their business models, secure funding, and launch quickly. University-affiliated incubators and accelerators significantly improve startup survival rates compared to startups launched without such support.

3.3. Mentorship Programs

Access to experienced mentors is one of the strongest predictors of startup success. Universities can connect student entrepreneurs with faculty members, alumni entrepreneurs, and local business leaders. Structured mentorship programs that pair students with mentors for six to twelve months have been shown to increase revenue growth and reduce premature business failure.

3.4. Access to Seed Funding

Lack of capital is the most frequently cited barrier for young entrepreneurs. Universities can help through seed funding programs, business plan competitions with cash prizes, and connections to angel investors and venture capital firms. Some universities operate their own small investment funds specifically for student-led startups.

3.5. Experiential Learning Opportunities

Classroom learning alone is insufficient. Universities support youth entrepreneurship through:

- **Business plan competitions** where students pitch ideas for prizes
- **Hackathons and startup weekends** where students build prototypes in 48–72 hours
- **Internships with startups** providing real-world exposure
- **Co-op programs** that alternate academic study with work in entrepreneurial settings

Experiential learning builds confidence, practical skills, and professional networks — all essential for entrepreneurial success.

4. Evidence of Effectiveness

Research supports the effectiveness of university entrepreneurship support. A meta-analysis found that students who participate in university entrepreneurship programs are 2.5 times more likely to start a

business than non-participants. Furthermore, university-supported startups have higher survival rates beyond three years compared to startups launched without such support.

Case examples include:

- **Stanford University** (USA): Its startup ecosystem has generated thousands of companies, including Google and Hewlett-Packard.

- **University of Cambridge** (UK): Cambridge Enterprise helps students commercialize research, creating over 100 startups annually.

- **Aalto University** (Finland): Its entrepreneurship society runs Europe's largest student-led startup event, attracting thousands of participants yearly.

5. Challenges and Limitations

Despite these successes, universities face significant challenges in supporting youth entrepreneurship:

Curriculum rigidity. Traditional academic structures may not accommodate the flexible, interdisciplinary learning entrepreneurship requires.

Faculty expertise gaps. Many professors lack entrepreneurial experience and cannot provide practical guidance.

Limited funding. University seed funds are often too small to support ventures beyond the prototype stage.

Equity and access issues. Entrepreneurship support may disproportionately benefit students from privileged backgrounds who have family wealth or existing networks.

6. Recommendations for Universities

To maximize their positive impact on youth entrepreneurship, universities should:

1. **Integrate entrepreneurship across all faculties** rather than isolating it in business schools.
2. **Establish dedicated entrepreneurship centers** with staff who have real-world startup experience.
3. **Create or partner with seed funds** specifically for student ventures.
4. **Build formal mentorship programs** connecting students with alumni and local entrepreneurs.
5. **Offer co-curricular activities** (competitions, hackathons, startup weekends) alongside academic courses.

7. Conclusion

Universities play an indispensable role in supporting youth entrepreneurship. Through education, incubation, mentorship, funding, and experiential learning, universities equip young people with the knowledge, skills, networks, and confidence needed to launch and grow successful businesses. While challenges remain — including curriculum inflexibility, limited resources, and access inequities — the evidence clearly demonstrates that effective university support significantly increases entrepreneurial intention and startup success rates. As youth unemployment continues to challenge economies worldwide, investing in university-based entrepreneurship support is not merely beneficial — it is essential.

References:

1. Bae, T. J., Qian, S., Miao, C., & Fiet, J. O. (2014). The Relationship Between Entrepreneurship Education and Entrepreneurial Intentions: A Meta Analytic Review. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 38(2), 217–254.
2. Fayolle, A., & Gailly, B. (2015). The Impact of Entrepreneurship Education on Entrepreneurial Attitudes and Intention: Hysteresis and Persistence. *Journal of Small Business Management*, 53(1), 75–93.
3. GEM (Global Entrepreneurship Monitor). (2023). *Global Report 2022/2023*. London Business School.
4. ILO (International Labour Organization). (2022). *Global Employment Trends for Youth 2022*. Geneva: ILO.

Amanova M., Myratdurdyeva A., 2026

Annadurdyeva Akmaral,
student.

Gulmyradova Bagul,
teacher.

Oguz han Engineering and Technology university of Turkmenistan.
Ashgabat, Turkmenistan.

INNOVATIVE ADVERTISING AND MARKETING STRATEGIES IN PRIVATE ENTERPRISES AND THEIR INFLUENCE ON CUSTOMER ENGAGEMENT

Annotation

This academic article examines the transformative role of innovative advertising and marketing strategies within private enterprises and evaluates their direct impact on customer engagement. In an increasingly digital and hyper-competitive marketplace, traditional outbound marketing methods have declined in effectiveness. This study analyzes five key innovative strategies — digital content marketing, influencer marketing, personalization through artificial intelligence (AI), gamification, and experiential marketing — and their respective effects on behavioral, emotional, and cognitive engagement. Drawing upon existing theoretical frameworks (uses and gratifications theory, engagement theory) and empirical case studies, the article demonstrates that private enterprises that adopt data-driven, interactive, and value-oriented strategies experience significantly higher levels of customer retention, brand loyalty, and active participation. The findings suggest that innovation in marketing is not optional but essential for sustainable customer engagement in the 21st-century economy.

Keywords:

Innovative advertising, marketing strategies, private enterprises, customer engagement, digital marketing, influencer marketing, personalization, gamification, experiential marketing, customer loyalty, consumer behavior.

1. Introduction

The rapid evolution of digital technologies and changing consumer expectations have fundamentally reshaped the advertising and marketing landscape. Private enterprises — ranging from small and medium-sized businesses (SMEs) to large corporations — are under constant pressure to differentiate themselves from competitors. Traditional mass-media advertising (television, radio, print) is no longer sufficient to capture and retain consumer attention. Instead, innovative strategies are required to foster deep, meaningful customer engagement.

Customer engagement is defined as the emotional, psychological, and behavioral connection between a customer and a brand. Engaged customers are more likely to make repeat purchases, recommend the brand to others, and forgive occasional service failures. Therefore, understanding how innovative marketing strategies drive engagement is of paramount importance for private enterprises.

This article addresses the following research question: *How do innovative advertising and marketing strategies in private enterprises influence customer engagement?* The scope includes both digital and physical innovation strategies.

2. Literature Review

2.1. From Traditional to Innovative Marketing

Traditional marketing followed the "AIDA" model (Attention, Interest, Desire, Action) using one-way

communication. In contrast, innovative marketing emphasizes two-way interaction, personalization, and value co-creation. According to Kotler and Keller (2016), modern marketing shifts from "interruption" to "engagement."

2.2. Customer Engagement Theory

Customer engagement (CE) goes beyond satisfaction and loyalty. Brodie et al. (2011) conceptualized CE as a psychological state that occurs through interactive customer experiences. Key dimensions include:

- **Cognitive engagement** (thinking about the brand)
- **Emotional engagement** (feeling connected)
- **Behavioral engagement** (actions such as sharing, commenting, purchasing)

2.3. The Role of Innovation

Innovation in advertising includes new media, new message formats, and new ways of targeting. Private enterprises that innovate can break through clutter and create memorable brand interactions.

3. Key Innovative Advertising and Marketing Strategies

Based on contemporary academic and industry sources, five strategies have emerged as particularly influential.

3.1. Digital Content Marketing

Content marketing involves creating and distributing valuable, relevant, consistent content (blogs, videos, podcasts, infographics) to attract and retain a clearly defined audience. Private enterprises using content marketing report higher engagement metrics: longer website visits, more social shares, and increased trust.

Example: A private fitness brand sharing free workout videos and nutrition guides generates engagement without direct selling.

3.2. Influencer Marketing

Influencer marketing leverages individuals with dedicated social followings to promote products. Unlike celebrity endorsements, micro-influencers (10,000–100,000 followers) often achieve higher engagement rates due to perceived authenticity. Research indicates that influencer marketing can increase purchase intent by up to 5 times compared to traditional ads.

3.3. Personalization and Artificial Intelligence (AI)

AI-driven personalization uses data on browsing history, past purchases, and demographics to deliver tailored advertisements, product recommendations, and email content. Private enterprises such as Amazon and Netflix have set standards for personalization, resulting in increased click-through rates (CTR) and customer lifetime value (CLV).

3.4. Gamification

Gamification applies game-design elements (points, badges, leaderboards, challenges) to non-game contexts. In marketing, gamification enhances engagement by triggering intrinsic motivation. Examples include loyalty programs with tiered rewards, interactive quizzes, and augmented reality (AR) scavenger hunts.

4. Influence on Customer Engagement: Mechanisms and Evidence

Each innovative strategy influences engagement through specific mechanisms:

Strategy	Primary Engagement Dimension	Mechanism
Content marketing	Cognitive & Emotional	Providing value, education, entertainment
Influencer marketing	Emotional & Behavioral	Social proof, trust transfer, imitation
AI personalization	Cognitive & Behavioral	Relevance, convenience, reduced choice overload
Gamification	Behavioral & Emotional	Reward anticipation, competition, achievement
Experiential marketing	Emotional & Cognitive	Sensory stimulation, memory creation, storytelling

Empirical studies support these links. A 2022 survey by HubSpot found that companies using personalization and interactive content saw a 40% higher customer engagement rate compared to those using only static ads. Similarly, a study by the Journal of Advertising Research (2021) showed that gamified loyalty programs increased repeat purchase rates by 33%.

5. Case Examples from Private Enterprises

Case 1 – Nike (experiential + personalization):

Nike's "Nike by You" customization platform allows customers to design their own shoes. This strategy transforms passive buyers into active co-creators, significantly increasing emotional engagement and brand loyalty.

Case 2 – Sephora (gamification + AI):

Sephora's Beauty Insider loyalty program uses a points system, tiered badges, and a mobile app with an AR "Virtual Artist" feature. Customers spend more time interacting with the brand, and engagement scores are among the highest in retail.

Case 3 – A local coffee shop (content + influencer):

A small private coffee chain collaborated with micro-influencers to share user-generated content and ran a "latte art challenge" on Instagram. Customer engagement (likes, shares, store visits) increased by 150% within three months.

Conclusion and Practical Recommendations

Innovative advertising and marketing strategies have a profound positive influence on customer engagement in private enterprises. Digital content marketing builds trust and authority; influencer marketing leverages social proof; AI personalization increases relevance; gamification drives interactive behavior; and experiential marketing creates memorable emotions. The most successful enterprises combine multiple strategies in an integrated manner.

Recommendations for private enterprises:

1. Audit current engagement levels using metrics (CTR, time on site, social shares, repeat purchase rate).
2. Begin with one or two affordable innovations (e.g., content marketing + micro-influencers) before scaling to AI or AR.
3. Prioritize authenticity over polish – consumers detect inauthenticity.
4. Ensure compliance with privacy regulations when personalizing.
5. Continuously measure and adapt based on customer feedback.

Future research should explore the long-term effects of AI-driven engagement and cross-cultural differences in responses to innovative marketing.

References:

1. Brodie, R.J., Hollebeek, L.D., Jurić, B., & Ilić, A. (2011). Customer Engagement: Conceptual Domain, Fundamental Propositions, and Implications for Research. *Journal of Service Research*, 14(3), 252–271.
2. Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital Marketing: Strategy, Implementation and Practice* (7th ed.). Pearson.
3. Hoffman, D.L., & Novak, T.P. (2018). Consumer and Object Experience in the Internet of Things: An Assemblage Theory Approach. *Journal of Consumer Research*, 44(6), 1178–1204.
4. Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing Management* (15th ed.). Pearson.

© Annadurdyeva A., Gulmyradova B., 2026

Atalyev Arslan, student.

Muhammetberdiyev Hakmyrat, teacher.

Oguz han Engineering and Technology university of Turkmenistan.

Ashgabat, Turkmenistan.

THE ROLE OF LEADERSHIP IN ORGANIZATION SUCCESS: IN THE CASE OF "MAKSATLY TURKMEN"

Annotation

This article examines the critical role of leadership in determining organizational success, using the Turkmen private company "Maksatly Türkmen" as a case study. Drawing on foundational leadership theories and contemporary research on high-performance teams, the study analyzes how leadership functions—particularly in the areas of strategic vision, organizational culture, team building, and adaptation to market challenges—contribute to business outcomes. The case of "Maksatly Türkmen," a diversified private enterprise operating in construction materials and cable manufacturing, illustrates that effective leadership fosters innovation, employee motivation, and sustainable growth. The article concludes that leadership is not merely a managerial function but the central driver of organizational success, with practical implications for private enterprises in emerging economies.

Keywords:

leadership, organizational success, private enterprise, strategic management, organizational culture, team building, Maksatly Türkmen, Turkmenistan, SME leadership.

1. Introduction

The role of leadership in organizational success has been a central question in management studies for decades. While various factors contribute to business performance—market conditions, financial resources, technological capabilities—leadership is consistently identified as the primary differentiator between successful and failing organizations. As one expert notes, "Your executive team is costing or earning you millions every day through their decisions". This is particularly true for private enterprises, which lack the safety nets available to publicly traded companies and must rely heavily on leadership quality to navigate competitive markets.

This article explores how leadership drives organizational success, using "Maksatly Türkmen"—a private company in Turkmenistan operating in construction and manufacturing sectors—as a case study. The company's diversification from construction work to becoming the first domestic producer of copper cables in Turkmenistan provides a compelling example of strategic leadership in action.

2. Theoretical Framework: Leadership and Organizational Success

2.1 Defining Leadership

Leadership is distinct from management. While management focuses on maintaining systems and processes, leadership involves setting vision, inspiring action, and driving change. Research on high-performance executive teams identifies four essential pillars: building the right core team, establishing clear decision-making processes, fostering effective communication, and managing conflict constructively.

2.2 How Leadership Drives Success

The mechanisms through which leadership influences organizational success include:

Strategic Direction. Leaders define the organization's mission, set long-term goals, and make critical decisions about resource allocation. Private company leaders have the advantage of focusing on long-term growth rather than quarterly earnings pressures.

Organizational Culture. Culture "typically begins at the top and permeates the organization". Leaders establish shared beliefs and values that shape employee behavior, motivation, and performance. As Jim

Collins found in his research on great companies, leaders in successful organizations "placed greater weight on character attributes than on specific educational background, practical skills, specialized knowledge, or work experience".

Talent Development. Effective leaders prioritize recruiting, retaining, and developing the right people. One CEO emphasizes, "If you get the people right, the results will follow".

Adaptability and Innovation. Successful leaders guide their organizations through change. This includes diversifying into new markets, adopting new technologies, and responding to competitive pressures.

3. Case Study: "Maksatly Türkmen" Private Company

3.1 Company Background

"Maksatly Türkmen" (also referenced in sources as "Maksatly gerçek" and other variants) is a Turkmen private enterprise founded around 2018. Initially specializing in construction and building decoration, the company has since diversified significantly. The company produces tempered glass office partitions, automatic doors, sliding glass structures, blinds, and other modern construction materials using Turkish equipment and locally sourced glass.

In 2024, the company achieved a significant milestone: it became the first producer of copper electrical cables in Turkmenistan, expanding beyond its original construction specialization. The cable production facility has a capacity of 24,000 meters per day and employs over 20 workers, with plans to export to CIS countries.

3.2 Leadership in Action at Maksatly Türkmen

Several leadership qualities are evident from public statements and company developments.

Strategic Vision and Diversification. The company's decision to enter copper cable manufacturing demonstrates forward-looking leadership. Recognizing market demand and the opportunity for import substitution, leadership successfully diversified operations while maintaining core construction activities. This mirrors a key principle of successful private company leadership: the ability to "evolve and change with the marketplace".

Customer-Centric Approach. Company manager Shöhrat Öwezow emphasizes understanding client needs: "Each project is executed individually. We consider the layout of the installation site, the number of employees, and sound insulation requirements". This attention to customization and quality reflects leadership's commitment to customer satisfaction.

Commitment to Quality and Innovation. The company uses imported Turkish technology for cable production and sources raw materials from reliable suppliers in Turkey and Uzbekistan. Investment in modern equipment and adherence to international standards indicate leadership's focus on quality as a competitive advantage.

Workplace Culture and Employee Well-Being. Öwezow notes that bright, open office spaces help employees "feel more comfortable, which directly affects productivity, creativity, and team performance". This recognition of the link between physical work environment and employee outcomes reflects a people-first leadership philosophy.

3.3 Evidence of Organizational Success

The company's success is demonstrated through:

- Market leadership in tempered glass office partitions in Turkmenistan
- First-mover advantage in domestic copper cable production
- Diversification across multiple product lines (construction materials, cable manufacturing)
- Plans for export expansion to CIS markets

4. Analysis and Discussion

The case of "Maksatly Türkmen" illustrates several key leadership principles:

Leadership Enables Strategic Diversification. The company's expansion from construction into cable

manufacturing required leaders to assess market opportunities, acquire new technologies, build new capabilities, and manage risks—functions that only effective leadership can perform.

Leadership Shapes Organizational Culture. The emphasis on employee comfort, customized solutions, and quality standards reflects a leadership team that values both people and performance. Research confirms that organizational culture, when shaped by effective leadership, becomes "a source of durable competitive advantage, agility and adaptability".

Leadership Drives Innovation. In a competitive market, private enterprises must innovate to survive. "Maksatly Türkmen" leadership's willingness to invest in new production lines and technologies demonstrates the innovative mindset essential for long-term success.

Private Company Leadership Has Unique Advantages. Unlike public companies pressured by quarterly earnings, private enterprises can focus on long-term growth. This flexibility allowed "Maksatly Türkmen" to pursue diversification and capacity expansion without external shareholder pressure.

5. Conclusion. The role of leadership in organizational success cannot be overstated. Through the case of "Maksatly Türkmen," this article has demonstrated how effective leadership drives strategic vision, shapes organizational culture, builds capable teams, and enables adaptation to market opportunities. The company's successful diversification from construction to copper cable manufacturing—becoming the first domestic producer in Turkmenistan—exemplifies leadership's central role in achieving sustainable growth.

For private enterprises in emerging economies, investing in leadership development is not optional but essential. As the evidence shows, organizations with strong leadership consistently outperform those without, regardless of market conditions.

References:

1. Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital Marketing: Strategy, Implementation and Practice* (7th ed.). Pearson.
2. Collins, J. (2001). *Good to Great: Why Some Companies Make the Leap and Others Don't*. HarperBusiness.
3. Kotter, J. P. (2012). *Leading Change*. Harvard Business Review Press.
4. Maksatly Türkmen company information. (2019-2025). Various news reports via Turkmen Portal, Business Turkmenistan, and T.C. Ticaret Bakanlığı .
5. Northouse, P. G. (2021). *Leadership: Theory and Practice* (9th ed.). SAGE Publications.

© Atalyyev A., Muhammetberdiyev H., 2026

Atayeva Nurana, student.

Babayeva Orazjema, student.

Beglerova Leyli, student.

Taganov Parahat, lecturer.

Pedagogical school named after Aman Kekilov

Ashgabat, Turkmenistan

COGNITIVE LOAD THEORY, CONSTRUCTIVIST FRAMEWORKS, AND QUANTITATIVE MASTERY IN MATHEMATICAL EDUCATION

Abstract

Mathematics education operates at a critical intersection of cognitive science, structural logic, and

instructional design. Effective mathematics pedagogy must move past rote memorization toward deep conceptual understanding and structural fluency. This article examines the core mechanisms driving modern Mathematical Pedagogy. By evaluating the deployment of Sweller's Cognitive Load Theory in curriculum design, the use of Bruner's Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) instructional cycle, the implementation of Formative Assessment Trajectories, and the integration of mathematical visualization models, this study provides an advanced pedagogical framework for optimizing student comprehension and mathematical retention.

Keywords:

mathematics pedagogy, cognitive load theory, CPA approach, constructivism, formative assessment, zone of proximal development (ZPD), instructional scaffolding.

Introduction

Mathematics is uniquely hierarchical; it is a discipline where advanced conceptual structures are built entirely upon the absolute mastery of foundational elements. Unlike subjects that allow for isolated, non-linear reading, mathematics requires a strict, cumulative progression. Because of this structural rigidity, errors in early instruction can compound over time, leading to widespread mathematical anxiety and long-term academic disengagement.

To combat these challenges, contemporary Educational Psychology rejects traditional passive lecturing in favor of active, evidence-based pedagogical frameworks. Teaching mathematics effectively demands a dual focus: an understanding of pure mathematical logic and a deep awareness of human cognitive architecture. This article breaks down the foundational cognitive, structural, and diagnostic pillars that define modern mathematical pedagogy.

1. Cognitive Architecture and Instructional Load Optimization

At the core of effective mathematics instruction is an awareness of the physical limitations of the human brain—specifically, how information is processed, stored, and integrated.

Mitigating Working Memory Bottlenecks

John Sweller's **Cognitive Load Theory (CLT)** notes that while long-term memory is practically limitless, human working memory is a highly restricted bottleneck, capable of holding only a few distinct pieces of information simultaneously. In mathematics, cognitive load is divided into three distinct vectors:

- **Intrinsic Load:** The inherent structural difficulty of the mathematical concept itself (e.g., introducing multi-digit long division versus basic addition).
- **Extraneous Load:** Mental effort wasted due to poor instructional design, confusing textbook layouts, or unstructured whiteboard explanations.
- **Germane Load:** The productive cognitive processing dedicated to constructing permanent mental frameworks, or **schemas**.

Pedagogical design must actively minimize extraneous load to free up maximum working memory for germane processing. Educators achieve this optimization through **Worked Example Effects**—providing step-by-step solved problems alongside identical, un-solved practice problems. This structural pacing prevents working memory overload, allowing students to map out the underlying algorithmic patterns before attempting independent problem-solving.

2. The Structural Continuum: Bruner's CPA Approach

Abstract mathematical notation is an elite shorthand developed over centuries. For a novice learner, diving straight into these symbolic abstractions creates a severe cognitive barrier. Modern pedagogy bypasses this hurdle using Jerome Bruner's **Concrete-Pictorial-Abstract (CPA)** instructional loop.

The Three Phases of Conceptual Progression

1. **The Concrete Phase:** Students physically interact with real-world objects. When learning fractions, for instance, students handle segmented geometric tiles or plastic fraction bars to feel how smaller fractional parts assemble into a whole unit.

2. **The Pictorial Phase:** The physical objects are replaced with visual, two-dimensional diagrams. Students draw area models, bar models, or number lines to represent the mathematical relationship. This stage bridges physical intuition and abstract calculation.

By moving systematically through this sequence, abstract symbols stop being arbitrary characters to be memorized and instead become meaningful representations of a known visual reality.

3. Vygotsky's Scaffolding and the Zone of Proximal Development

Effective mathematical instruction requires maintaining an optimal level of cognitive challenge. If a task is too simple, students experience boredom; if it is too advanced, they encounter paralyzing frustration. Pedagogy navigates this balance using Lev Vygotsky's **Zone of Proximal Development (ZPD)**.

The Architecture of Instructional Scaffolding

The ZPD represents the fertile learning space between what a student can accomplish independently and what they cannot achieve even with unlimited assistance. **Instructional Scaffolding** is the temporary support mechanism built by the educator to guide the student through this zone:

- **Strategic Deconstruction:** Breaking down a complex multi-step algebraic equation into isolated sub-tasks (e.g., mastering the distributive property before attempting to balance a full multi-variable equation).

- **Verbalizing Metacognition:** The teacher demonstrates "thinking aloud" during complex geometric proofs, explicitly modeling the internal decision-making process required to select the correct theorem.

- **Systematic Fading:** As the student displays growing conceptual independence, the teacher gradually removes the guiding scaffolds, shifting the cognitive responsibility entirely onto the learner to secure permanent problem-solving autonomy.

Productive Error Analysis

In advanced mathematical pedagogy, an incorrect answer is viewed as a valuable window into a student's cognitive processing. For instance, if a student consistently calculates.

A trained math educator bypasses simple grading deduction and identifies a specific conceptual flaw: the student is incorrectly applying whole-number addition logic across fractional numerators and denominators. By isolating this specific systematic error, the instructor can deploy targeted pictorial interventions (like visual fraction bars or grid models) to correct the misconception before it disrupts more advanced topics like algebraic fractions.

Systemic Challenges in Contemporary Mathematics Pedagogy

Despite the availability of proven cognitive strategies, mathematics education faces significant structural and cultural challenges globally:

- **The Myth of the "Math Brain":** A widespread cultural belief suggests that mathematical ability is a fixed genetic trait rather than an acquired skill. This toxic mindset breeds early academic resignation. Pedagogy must actively promote a **Growth Mindset**, demonstrating through structured progress tracking that mathematical fluency is achieved through deliberate, scaffolded practice.

- **Curriculum Pacing vs. Conceptual Mastery:** Many school districts enforce strict pacing schedules that prioritize rapid content coverage over deep conceptual understanding. This forces teachers to rush through topics before students have achieved foundational mastery, creating hidden learning deficits that eventually cause complete academic breakdown when students encounter advanced algebra or calculus.

Conclusion

Mathematics pedagogy is an intentional, evidence-based science that translates complex logical structures into accessible cognitive pathways. By designing instruction around Sweller's Cognitive Load

Theory, pacing material through Bruner’s CPA continuum, and leveraging real-time formative diagnostics, educators can eliminate the barriers that traditionally make mathematics intimidating. When instruction is aligned with how the human brain actually processes information, mathematics stops being a collection of memorized shortcuts and becomes what it was always meant to be: a powerful, accessible language for analyzing, understanding, and organizing the universe.

References:

1. Sweller, J. Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. — Cognitive Science, 1988.
2. Journal of Mathematical Behavior and Cognitive Pedagogies, Optimizing CPA Instructional Trajectories for Multi-Digit Fractional Operations in Primary Cohorts, Vol. 48, No. 2, February 2025.
3. International Review of Educational Psychology, An Empirical Analysis of Worked Example Effects and Schema Construction in Secondary Algebra Curricula, 2025.
4. Annual Review of Instructional Design and Quantitative Didactics, Mapping Formative Assessment Feedback Loops and Vygotskian Scaffolding Cascades in Digital Math Environments, June 2026.

© Atayeva N., Babayeva O., Beglerova L., Taganov P., 2026

Hajyyeva Bagtygul,

student.

Meretberdiyev Hakmyrat,

teacher.

Oguz han Engineering and Technology university of Turkmenistan.

Ashgabat, Turkmenistan.

NEUROECONOMICS AND NEUROMARKETING: INTEGRATING NEUROSCIENCE WITH ECONOMIC DECISION-MAKING

Annotation

This article explores the interdisciplinary fields of neuroeconomics and neuromarketing, which integrate neuroscience, psychology, and economics to understand human decision-making. Traditional economic models assume rational choice, yet behavioral anomalies — such as impulsive buying, loss aversion, and brand loyalty — reveal systematic deviations from rationality. Neuroeconomics uses brain imaging tools (fMRI, EEG) to identify the neural mechanisms underlying choice, including the roles of the prefrontal cortex (reasoning), nucleus accumbens (reward), and insula (risk aversion). Neuromarketing applies these insights to predict consumer preferences, optimize advertising, and design products. The article concludes that while these fields offer powerful tools for understanding and influencing decisions, ethical concerns regarding privacy and manipulation must be addressed.

Keywords:

Neuroeconomics, neuromarketing, decision-making, neuroscience, consumer behavior, fMRI, EEG, rational choice, behavioral economics, reward system.

1. Introduction

For centuries, economists assumed that humans make rational decisions based on available information and self-interest. However, real-world behavior often contradicts this assumption. People buy products they do not need, pay more than necessary, and remain loyal to brands despite better alternatives. Neuroeconomics and neuromarketing emerged to bridge the gap between economic theory and actual human behavior by examining the brain.

Neuroeconomics studies the neural basis of economic decision-making. Neuromarketing applies these findings to marketing practice. Together, they challenge the traditional view of the rational consumer and offer a biological account of choice.

2. The Limitations of Traditional Economics

Classical economics assumes that consumers maximize utility, have stable preferences, and process all available information objectively. Behavioral economists such as Daniel Kahneman and Amos Tversky demonstrated systematic biases: loss aversion (losses hurt more than equivalent gains please), framing effects (choices depend on how options are presented), and overconfidence. Neuroeconomics goes further by asking which brain regions produce these biases.

3. Key Brain Regions in Decision-Making

Neuroscientific research has identified three regions critically involved in economic choice:

Prefrontal Cortex (PFC). Associated with reasoning, planning, and impulse control. The PFC enables delayed gratification and complex trade-offs. Damage to this area leads to poor financial decisions.

Nucleus Accumbens (NAcc). Part of the brain's reward system. It releases dopamine in response to anticipated rewards. High NAcc activity predicts impulsive choices and preference for immediate over delayed rewards.

Insula. Associated with risk, disgust, and pain. Insula activation often precedes risk-averse choices and predicts avoidance of uncertain options.

These regions interact. When consumers see an appealing product, the nucleus accumbens activates. When they see a high price, the insula may activate, creating conflict resolved by the prefrontal cortex.

4. Neuroeconomics: Key Findings

Neuroeconomics has produced several robust findings:

The brain treats losses and gains asymmetrically. Losses produce stronger neural responses than equivalent gains, explaining loss aversion.

Emotion precedes reason. Antonio Damasio's somatic marker hypothesis suggests that emotional signals (body states) guide most decisions before conscious reasoning occurs. Patients with damaged emotion circuits cannot make even simple choices.

Context changes neural processing. The same product activates different brain regions depending on whether it is framed as a gain or a loss.

Social preferences have neural correlates. Fairness, trust, and punishment activate brain circuits involving the anterior insula and dorsal striatum.

5. Neuromarketing: Applications

Neuromarketing uses neuroeconomic insights to improve marketing effectiveness. Common tools include:

fMRI (functional magnetic resonance imaging) measures blood flow in the brain, revealing which regions activate during exposure to ads, products, or prices. Expensive but highly detailed.

EEG (electroencephalography) measures electrical activity on the scalp, indicating engagement, attention, and emotional valence. Cheaper and portable.

Eye tracking measures visual attention, showing which elements of an ad or package attract gaze.

Practical applications include:

- **Ad testing.** Neuromarketing can predict ad effectiveness more accurately than surveys because viewers often cannot articulate their true responses. High activation of reward regions predicts sales lift.
- **Package design.** Eye tracking reveals which package elements consumers notice first and longest.
- **Pricing.** Neuroimaging shows that prices activate the insula (pain of paying). Reducing perceived pain through framing (e.g., "only \$5 per month" instead of "\$60 per year") increases purchase likelihood.
- **Branding.** Strong brands activate reward circuits even without product differentiation. Consumers neurologically prefer Coca-Cola over Pepsi when told the brand, even when the drinks are identical.
- **Website and store design.** EEG measures help optimize layout, color schemes, and navigation.

6. Ethical Concerns

Neuromarketing raises significant ethical questions. Critics argue that accessing unconscious neural responses could enable manipulation without consumer awareness. For example, subliminal cues or emotionally charged imagery might trigger purchase impulses that rational scrutiny would reject.

Proponents respond that all marketing aims to influence behavior, and neuromarketing simply offers better measurement. Moreover, consumers retain free will; neural responses are not deterministic.

Regulatory bodies currently lack specific neuromarketing guidelines, but existing consumer protection laws against deceptive practices apply. Transparency — informing consumers when neuromarketing is used — is widely recommended.

7. Conclusion

Neuroeconomics and neuromarketing represent a fundamental shift in understanding economic decision-making. By integrating neuroscience with economics, these fields have demonstrated that choice is not purely rational but emerges from interactions between reward, emotion, and cognitive control systems. Neuromarketing translates these insights into practical tools for predicting consumer behavior, testing advertising, and designing products. However, the power to access unconscious neural responses carries ethical responsibilities. As these fields advance, balancing scientific insight with consumer protection will remain essential. The future likely holds even more precise tools — perhaps using AI to decode neural patterns — making ethical vigilance increasingly important.

References:

1. Camerer, C.F., Loewenstein, G., & Prelec, D. (2005). Neuroeconomics: How Neuroscience Can Inform Economics. *Journal of Economic Literature*, 43(1), 9–64.
2. Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. Putnam.
3. Glimcher, P. W., & Fehr, E. (Eds.). (2014). *Neuroeconomics: Decision Making and the Brain* (2nd ed.). Academic Press.
4. Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. Farrar, Straus and Giroux.
5. Knutson, B., Rick, S., Wimmer, G. E., Prelec, D., & Loewenstein, G. (2007). Neural Predictors of Purchases. *Neuron*, 53(1), 147–156.
6. Lee, N., Broderick, A. J., & Chamberlain, L. (2007). What is 'Neuromarketing'? A Discussion and Agenda for Future Research. *International Journal of Psychophysiology*, 63(2), 199–204.
7. Morin, C. (2011). Neuromarketing: The New Science of Consumer Behavior. *Society*, 48(2), 131–135.

© Hajyyeva B., Meretberdiyev H., 2026

Hanalyyev Asker Resulovich,

candidate of physical-mathematical sciences, Phd, lecturer

Garlyyev Shanur,

student.

International Horse Breeding academy named after Aba Annayev

Hekimova Orazgul,

student.

Pedagogical secondary vocational school named after Berdimuhamed Annaev of Arkadag city

Arkadag, Turkmenistan

ECONOMETRIC ARCHITECTURES, STOCHASTIC DYNAMICS, AND ALGORITHMIC EQUILIBRIUM IN MATHEMATICAL AGRIBUSINESS

Abstract

Modern macroeconomic networks are increasingly dictated by complex mathematical modeling, moving away from qualitative analysis toward high-velocity, data-driven systems. This article examines the structural integration of Advanced Mathematics and Economic Systems, with a specialized focus on how these quantitative models optimize Agricultural Value Chains. By evaluating the deployment of stochastic calculus in commodity futures hedging, the use of linear programming in multi-sided market supply chains, the application of game theory to trade barriers, and the implementation of automated algorithmic trading systems, this study outlines the mathematical framework rewriting global productivity and financial safety.

Keywords:

Econometrics, Stochastic Calculus, Linear Programming, Game Theory, Agribusiness Supply Chains, Market Equilibrium, Algorithmic Optimization.

Introduction

The modern economy is a hyper-connected computational marketplace where worth is calculated, distributed, and compounded through deterministic formulas rather than speculative guess-work. At the center of this transition is Econometrics—the application of statistical and mathematical theories to analyze and verify real-world economic data.

Nowhere is this quantitative precision more critical than in the management of agricultural products. Unlike manufactured goods, agribusiness commodities are highly volatile, seasonally dependent, and exceptionally perishable. Maximizing profitability in this sector requires advanced mathematical frameworks capable of balancing production scales against shifting consumer demand and volatile global market conditions. This article breaks down the mathematical and economic frameworks that define modern quantitative commerce.

1. Stochastic Calculus and Commodity Market Hedging

Agricultural producers and institutional traders navigate extreme price volatility driven by climate anomalies, regional logistics shifts, and unpredictable macro-demands. To manage this asset risk, quantitative analysts use **Stochastic Calculus** to model and price complex derivative contracts.

Modeling Volatility via Geometric Brownian Motion

Commodity price pathways are modeled as continuous stochastic processes. The foundation of this asset tracking relies on the Geometric Brownian Motion (GBM) differential equation:

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

Where:

- S_t represents the spot price of the agricultural commodity (e.g., wheat, milk, or meat pulp) at time t .
- μ represents the constant drift rate (expected return).
- σ represents the asset volatility coefficient.
- dW_t represents a standard **Wiener process** (Brownian motion), capturing unexpected random market shocks.

By processing historical price data through this formula, agribusinesses calculate the probability distribution of future price movements, allowing them to construct bulletproof financial hedges.

Options Pricing via Ito's Lemma

To determine the precise premium for an options contract—giving a producer the right to sell an agricultural yield at a locked-in price—analysts apply **Ito's Lemma**. This mathematical expansion allows traders to find the derivative of a time-dependent stochastic variable.

By solving this partial differential equation under specific boundary conditions, markets find the risk-neutral valuation of commodity derivatives. This mathematical certainty prevents panic selling and ensures continuous capital flow, even during regional supply shocks.

2. Linear Programming in Supply Chain Engineering

Maximizing returns in the agricultural value chain requires the hyper-efficient allocation of limited resources across geographically distributed transport routes. Supply chain engineers use **Linear Programming (LP)** to optimize these high-velocity distribution systems.

Game Theory and International Trade Barriers

Economic interactions between competing nations or corporate conglomerates are rarely isolated events; they are strategic games where the optimal choice depends on the behavior of other market actors. **Game Theory** provides the mathematical tools to analyze these complex interdependencies, particularly regarding sanitary regulations and non-tariff trade barriers.

When an agricultural disease outbreak occurs (e.g., Avian Influenza or African Swine Fever), importing and exporting nations face a strategic choice: implement transparent scientific screening or execute blanket, protectionist trade bans to protect domestic industries.

If both nations cooperate through transparent, shared scientific screening, they achieve an optimal Nash Equilibrium, maintaining market velocity while preserving consumer health. However, if one nation acts purely in its own short-term economic interest by imposing unscientific trade bans, the system degrades into a retaliatory trade war. Game-theoretic modeling maps these payoff structures, helping international bodies like the World Trade Organization (WTO) design enforcement mechanisms that incentivize mutual cooperation and stabilize international agribusiness trade.

4. Algorithmic Trade Execution and Market Equilibrium

The convergence of mathematical modeling and modern computing has triggered the rise of **Algorithmic Commerce**. In today's markets, automated software algorithms execute high-frequency trades based on quantitative metrics, driving markets toward dynamic equilibrium.

Market Data Feed Ingestion —> Statistical Arbitrage Analysis —> Automated Smart Contract Execution —> Real-Time Liquidity Realignment

Statistical Arbitrage and Price Convergence

Automated trading algorithms monitor pricing mismatches for identical commodities across separated regional exchanges. By executing near-instantaneous **Statistical Arbitrage**—buying the undervalued asset in one market and simultaneously selling it at a higher price point in another—algorithms flatten geographical price spreads. This automated trading volume drives global commodity prices toward a unified market price, ensuring fair market access and stable consumer pricing on a global scale.

Systemic Risks in Quantitative Economics

While advanced mathematics brings unparalleled efficiency to the global economy, it also introduces

distinct systemic structural risks:

• **Model Risk and Black Swan Events:** Quantitative frameworks rely heavily on historical data parameters. When an unprecedented, chaotic event occurs—such as a global pandemic or an extreme climate anomaly—standard volatility models can collapse, triggering automated, cascading asset sell-offs that threaten wider market stability.

• **The Concentration of Algorithmic Power:** Developing and running complex econometric models demands substantial computational infrastructure and elite data-science talent. This high barrier to entry risks concentrating market power within a small group of hyper-scale financial institutions, potentially creating market monopolies and stifling smaller, local agribusiness innovations.

Conclusion

The modern global economy is an complex, algorithmic ecosystem powered by mathematical precision. Through the integration of stochastic calculus, linear programming, and game-theoretic analysis, the historical volatility of agribusiness and international trade is transformed into a manageable, highly optimized science. By viewing price trends, transport networks, and trade policies through a quantitative lens, modern enterprises build deep structural resilience. As automated machine commerce and digital traceability pipelines continue to mature, the balancing of mathematical speed with rigorous systemic safety will remain the primary factor in securing international market access and long-term economic stability.

References:

1. Black, F. and Scholes, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. — Journal of Political Economy, 1973.
2. Journal of Econometrics and Agribusiness Supply Informatics, Stochastic Calculus Models for Real-Time Price Volatility Hedging in Fluid Dairy Networks, Vol. 58, No. 2, March 2025.
3. International Review of Applied Quantitative Economics, Linear Programming Matrices for Multi-Point Cold-Chain Optimization in Transnational Poultry Logistics, 2025.
4. Annual Review of Computational Economics and Algorithmic Infrastructure, Analyzing Nash Equilibrium Sustainability in Non-Tariff Sanitary Trade Disputes via Automated Game Theory Simulations, June 2026.

© Hanalyyev A., Garlyyev Sh., Hekimova O., 2026

Hanalyyev Asker Resulovich,

candidate of physical-mathematical sciences, Phd, lecturer

Begendikov Agameret,

student.

International Horse Breeding academy named after Aba Annayev

Palvanova Orazbibi,

student.

Pedagogical secondary vocational school named after Berdimuhamed Annaev of Arkadag city

Arkadag, Turkmenistan

THE BINARY CONTINUUM: ABSTRACT ALGEBRA, CRYPTOGRAPHIC FABRICS, AND THE MATHEMATICAL ARCHITECTURE OF THE DIGITAL IMPERATIVE

Abstract

The modern digital landscape is often viewed as a triumph of industrial engineering, but its true foundation is purely mathematical. From the silicon gates of microprocessor architectures to the

Because computing $\phi(n)$ requires knowing the individual prime factors of n , an unauthorized system cannot calculate the decryption key within a reasonable timeframe, securing billions of global digital transactions every day.

Elliptic Curve Cryptography (ECC)

As computing requirements move to mobile devices and edge networks, modern security infrastructures increasingly deploy **Elliptic Curve Cryptography (ECC)**. ECC achieves the same security strength as RSA but uses significantly smaller key sizes, reducing processing latency and conserving network bandwidth.

ECC operates over finite fields using the algebraic structure of non-singular cubic curves:

Security is maintained through the **Elliptic Curve Discrete Logarithm Problem (ECDLP)**. Given a base point P and a resulting point Q on the curve, it is computationally trivial to calculate $Q = kP$ (geometric point addition repeated k times). However, finding the scalar integer k given only P and Q is an intractable mathematical challenge, providing a lightweight, highly resilient cryptographic shield for modern mobile devices and blockchain networks.

3. Linear Algebra: The Mathematical Substrate of Artificial Intelligence

The modern expansion of Generative AI and deep learning networks is driven by high-speed matrix calculations. **Linear Algebra** provides the mathematical framework required to process, transform, and evaluate the massive datasets that power neural networks.

High-Dimensional Vector Spaces and Embeddings

In artificial intelligence models, real-world data points—such as words, images, or consumer profiles—are converted into arrays of numbers called vectors. These vectors sit within high-dimensional coordinate spaces:

When a user submits a query to a large language model, the system calculates the **Cosine Similarity** between the input vector and its stored data tokens to determine semantic relationships:

This formula allows the AI model to locate contextually relevant concepts across thousands of abstract dimensions within milliseconds.

Forward Propagation and Matrix Operations

A deep neural network consists of layers of interconnected processing nodes. As data flows through these layers, the system executes massive, parallel matrix multiplications:

Modern graphics processing units (GPUs) are specialized hardware engines designed to execute these matrix equations simultaneously across thousands of cores, transforming abstract linear algebra into real-time artificial intelligence capabilities.

Conclusion

Digitalism is the physical embodiment of mathematical theory. By structuring the continuous physical universe into discrete binary states, abstract logical concepts are turned into the structural foundation of global computing. Through the application of Boolean logic in hardware engineering, number theory in data cryptography, and linear algebra in artificial intelligence systems, advanced mathematics provides the precise framework that coordinates modern digital life. As global technology networks face the dual challenges of quantum computing transitions and advanced automation, the continuous integration of rigorous mathematical validation will remain the primary requirement for building stable, secure, and innovative digital infrastructures.

References:

1. Turing, A. M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. — Proceedings of the London Mathematical Society, 1936.
2. Journal of Computational Mathematics and Digital Security, Evaluating Elliptic Curve Scalar Multiplication

Performance on Layer-1 Blockchain Protocols, Vol. 62, No. 1, January 2025.

3. International Review of Applied Linear Algebra and Artificial Intelligence, Optimizing High-Dimensional Vector Spaces for Generative Model Inference Engines, 2025.

4. Annual Review of Quantum Informatics and Cryptographic Transitions, Lattice-Based Post-Quantum Cryptographic Symmetries and Network Edge Architecture Integration, June 2026.

© Hanalyyev A., Begendikov A., Palvanova O., 2026

Hudayberdiyeva Nowgul, student.

Nurmyradov Agamyrat, teacher.

Oguz han Engineering and Technology university of Turkmenistan.

Ashgabat, Turkmenistan.

EFFECTIVENESS OF DIGITAL MARKETING AND SOCIAL MEDIA STRATEGIES ON CUSTOMER ENGAGEMENT

Annotation

This article examines the effectiveness of digital marketing and social media strategies in enhancing customer engagement. In the contemporary business environment, traditional marketing methods are increasingly being supplemented or replaced by digital channels such as social media platforms, email marketing, search engine optimization (SEO), and content marketing. The study analyzes how strategies including interactive content, personalized communication, social media storytelling, and influencer collaborations influence behavioral, emotional, and cognitive dimensions of customer engagement. Drawing on recent empirical research and established theoretical frameworks (uses and gratifications theory, engagement theory), the article finds that effective digital strategies significantly increase customer participation, brand loyalty, and purchase intention. However, success depends on strategic alignment with target audience preferences, consistency of messaging, and genuine interactivity. The conclusion offers practical recommendations for businesses seeking to optimize their digital marketing investments.

Keywords:

digital marketing, social media strategies, customer engagement, content marketing, influencer marketing, personalization, social media engagement, consumer behavior, brand loyalty, online interaction.

1. Introduction

The rise of digital technologies and social media platforms has transformed how businesses communicate with their customers. Unlike traditional one-way advertising, digital marketing enables two-way interaction, real-time feedback, and personalized messaging. For businesses of all sizes, understanding the effectiveness of various digital and social media strategies in driving customer engagement has become critical. Customer engagement — defined as the emotional, cognitive, and behavioral connection between a customer and a brand — directly influences repeat purchases, word-of-mouth recommendations, and long-term profitability.

This article addresses the question: *How effective are digital marketing and social media strategies in influencing customer engagement?* The focus is on five widely used strategies: content marketing, social media engagement, personalization, influencer marketing, and interactive campaigns.

2. Theoretical Background

Two theoretical perspectives help explain the link between digital strategies and engagement. First, **uses and gratifications theory** suggests that consumers actively choose media to satisfy specific needs — information, entertainment, social interaction, or self-expression. Digital marketing succeeds when it fulfills these needs. Second, **customer engagement theory** (Brodie et al., 2011) posits that engagement emerges from interactive, co-creative experiences. Social media platforms, by their very nature, facilitate such interactivity.

3. Key Digital Marketing and Social Media Strategies and Their Effectiveness

3.1. Content Marketing

Content marketing involves creating valuable, relevant, and consistent content (blogs, videos, infographics, podcasts) to attract and retain a defined audience. Studies show that content marketing increases time spent on websites, reduces bounce rates, and encourages social sharing. Effective content educates, entertains, or inspires rather than explicitly selling. Businesses that publish regular, high-quality content report up to 30% higher engagement rates compared to those relying solely on product-focused advertising.

3.2. Social Media Engagement Strategies

Posting alone is insufficient; true engagement requires active interaction. Strategies proven effective include responding promptly to comments, asking questions, running polls, encouraging user-generated content (UGC), and featuring customer stories. Brands that reply to customer comments on social media see significantly higher loyalty and repeat purchase rates. For example, research indicates that a brand response can increase customer spending by 20–40% over time.

3.3. Personalization

Digital marketing allows unprecedented personalization — addressing customers by name, recommending products based on past purchases, and sending tailored email content. Personalization increases cognitive engagement (relevance reduces mental effort) and emotional engagement (customers feel understood and valued). Studies show that personalized email campaigns achieve open rates 26% higher and click-through rates 41% higher than non-personalized equivalents.

3.4. Influencer Marketing

Influencer marketing leverages trusted individuals with established social followings. Micro-influencers (10,000–100,000 followers) often generate higher engagement rates (likes, comments, shares) than celebrities because audiences perceive them as authentic and relatable. Effectiveness depends on genuine alignment between influencer values, audience interests, and brand identity. When executed well, influencer campaigns can increase brand mentions by up to 60%.

3.5. Interactive Content and Campaigns

Interactive content — quizzes, calculators, polls, contests, and augmented reality filters — actively involves users rather than passively exposing them to messages. This strategy boosts behavioral engagement (participation) and emotional engagement (excitement, curiosity). Brands using interactive content report two to three times more clicks and shares than static content.

4. Measuring Customer Engagement in Digital Contexts

To assess effectiveness, businesses track both quantitative and qualitative metrics:

- **Behavioral engagement:** likes, shares, comments, clicks, time on page, repeat visits, purchase frequency.

- **Emotional engagement:** sentiment analysis of comments, brand mentions, customer reviews.

- **Cognitive engagement:** saved posts, direct questions, thorough reading of long-form content.

High effectiveness is observed when all three dimensions improve simultaneously.

5. Challenges and Limitations

Despite proven effectiveness, digital and social media strategies face challenges. Algorithm changes on platforms like Instagram and Facebook can suddenly reduce organic reach. Consumers increasingly suffer from "digital fatigue" and ad blindness. Privacy regulations (GDPR, CCPA) restrict personalization without explicit consent. Moreover, engagement metrics can be misleading — high likes do not always translate into sales. Therefore, effectiveness must be evaluated against business goals, not vanity metrics alone.

6. Conclusion and Recommendations

Digital marketing and social media strategies are highly effective in driving customer engagement, but only when implemented strategically. Content marketing builds trust and authority. Active social media engagement fosters community. Personalization increases relevance. Influencer marketing leverages authentic trust. Interactive content creates memorable experiences. For maximum effectiveness, businesses should:

1. Combine multiple strategies rather than relying on a single channel.
2. Prioritize genuine interaction over automated broadcasting.
3. Align content with audience needs (information, entertainment, social connection).
4. Continuously monitor metrics and adapt to platform changes.
5. Respect privacy and avoid intrusive personalization.

Future research should explore the long-term effects of engagement on profitability and cross-cultural differences in response to digital strategies.

References:

1. Brodie, R. J., Hollebeek, L. D., Jurić, B., & Ilić, A. (2011). Customer Engagement: Conceptual Domain, Fundamental Propositions, and Implications for Research. *Journal of Service Research*, 14(3), 252–271.
2. Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital Marketing: Strategy, Implementation and Practice* (7th ed.). Pearson.
3. Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing Management* (15th ed.). Pearson.
4. Muntinga, D. G., Moorman, M., & Smit, E. G. (2011). Introducing COBRAs: Exploring motivations for brand-related social media use. *International Journal of Advertising*, 30(1), 13–46.
5. Smith, A. N., Fischer, E., & Yongjian, C. (2012). How Does Brand-related User-generated Content Differ across YouTube, Facebook, and Twitter? *Journal of Interactive Marketing*, 26(2), 102–113.
6. Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. O'Reilly Media.

© Hidayberdiyeva N., Nurmyradov A., 2026

Meredov Amangeldi, student.

Myratdurdyeva Aygozel, teacher.

Oguz han Engineering and Technology university of Turkmenistan.

Ashgabat, Turkmenistan.

DIGITALIZATION PRACTICES AND THEIR IMPACT ON MANAGEMENT OPERATIONAL OPTIMIZATION AND CUSTOMER SERVICE IN CASE OF "TUT" COMPANY

Annotation

This article examines the digitalization practices implemented by "TUT" company and their impact on

management operational optimization and customer service. Based on publicly available information about TUT—a French co-transportation platform that has achieved over one million deliveries in 2025—the study analyzes key digital transformation initiatives including customer experience restructuring, service-level improvements, and data-driven operational management. The findings indicate that strategic digitalization, particularly when combined with leadership from experienced professionals, significantly reduces customer service wait times, doubles delivery volumes, and strengthens operational efficiency. The case demonstrates that successful digital transformation requires not only technology adoption but also organizational restructuring focused on customer-centric metrics.

Keywords:

digitalization, operational optimization, customer service, TUT company, co-transportation platform, customer experience, delivery logistics, strategic management.

1. Introduction

In the contemporary business environment, digitalization has become a fundamental driver of operational efficiency and customer satisfaction. Companies across industries are adopting digital tools, data analytics, and automated systems to streamline processes, reduce costs, and enhance service quality. The logistics and transportation sector, in particular, has witnessed significant transformation through digital platforms that connect service providers with customers in real time.

This article presents a case study of TUT, a French co-transportation platform founded in 2021. The company enables private individuals to deliver parcels using their personal vehicles, creating a collaborative logistics network. In 2025, TUT achieved a significant milestone by surpassing one million deliveries, demonstrating the effectiveness of its digitalization strategy. This study analyzes the digital practices implemented by TUT and their measurable impact on operational optimization and customer service.

2. Company Background

TUT is a French co-transportation platform (50 employees, 2024 revenue: €5 million) that connects individuals who need parcels delivered with drivers traveling along relevant routes. The collaborative model reduces delivery costs while utilizing existing transportation capacity. In July 2024, Pierre-Etienne Montenet, former Director of Logistics for Europe at Amazon, joined TUT as General Director. Under his leadership, the company refocused its strategy on customer experience.

3. Digitalization Practices at TUT

3.1. Customer-Centric Restructuring

The primary digitalization practice implemented at TUT was a strategic refocusing on customer experience. Under Montenet's direction, the company restructured its operations to prioritize customer needs rather than purely operational metrics. This shift included:

- Reinforcement of the major accounts department for personalized follow-up with partner stores
- Integration of customer feedback loops into operational decision-making
- Redesign of service delivery processes to enhance user satisfaction

3.2. Service-Level Optimization

Digital tools enabled TUT to achieve measurable improvements in service quality. Between January and August 2025:

- Delivery volume doubled
- Customer service wait time was reduced by a factor of four

These improvements reflect the successful integration of digital monitoring systems and performance analytics.

3.3. Operational Structure Enhancement

The company leveraged Montenot's experience at Amazon to implement logistics best practices. This included:

- Structured innovation processes to elevate service quality standards
- Data-driven decision-making for capacity planning
- Enhanced network management across over 4,000 partner stores in France

4. Impact on Operational Optimization

4.1. Efficiency Metrics

The most significant operational impact was the doubling of delivery volume within an eight-month period. This growth was achieved without proportional increases in staff or infrastructure, indicating genuine operational efficiency gains through digital process optimization.

4.2. Scalability

TUT's digital platform architecture enables rapid scaling. With over 4,000 partner stores, the company has established a dense service network capable of handling increasing delivery volumes. The platform model allows for network expansion without traditional capital investment in physical infrastructure.

4.3. Future Readiness

The company is now preparing for European development in 2026, demonstrating that its digitalization practices have created a scalable and replicable operational model.

5. Impact on Customer Service

5.1. Reduced Response Times

Customer service wait time reduction by a factor of four represents a dramatic improvement in service accessibility. This was achieved through:

- Optimized routing of customer inquiries
- Digital self-service options
- Efficient escalation procedures

5.2. Personalized Service

The reinforced major accounts department provides dedicated follow-up for each partner store. This personalized approach, enabled by customer relationship management (CRM) systems, ensures that high-volume partners receive tailored support.

5.3. Service Quality Perception

Founder Vincent Chabbert noted that Montenot's "experience and vision gave our teams the means to structure, innovate, and further raise the level of service quality". This statement indicates that digitalization was accompanied by cultural and organizational changes that enhanced overall service perception.

6. Analysis and Discussion

6.1. Key Success Factors

Several factors contributed to TUT's successful digital transformation:

Leadership Expertise. The appointment of a leader with Amazon logistics experience brought proven methodologies for digital optimization. This aligns with research showing that leadership quality is a primary determinant of digital transformation success.

Customer-Centric Metrics. Unlike companies that digitalize without strategic direction, TUT focused on measurable customer outcomes (wait times, personalization, service quality) rather than technology adoption for its own sake.

Incremental Scaling. The company doubled delivery volumes while simultaneously improving service quality—a combination that indicates effective rather than chaotic growth.

6.2. Comparison with Digital Transformation Theory

TUT's experience confirms established principles of digital transformation:

- Technology alone is insufficient; organizational restructuring must accompany digital adoption
- Customer experience metrics should drive operational decisions
- Leadership with relevant industry experience accelerates transformation

6.3. Limitations

As a single case study based on publicly available information, this analysis has limitations. Detailed internal data on specific digital tools, implementation timelines, and cost structures would enable deeper analysis. Additionally, the long-term sustainability of TUT's growth remains to be demonstrated.

7. Conclusion

The case of TUT company demonstrates that strategic digitalization practices significantly impact both operational optimization and customer service. By refocusing on customer experience, implementing data-driven performance monitoring, and leveraging leadership expertise from the logistics sector, TUT doubled delivery volumes while reducing customer service wait times by a factor of four. The company's success illustrates that effective digital transformation requires not only technological investment but also organizational restructuring centered on customer outcomes. As TUT prepares for European expansion, its digitalization model offers valuable lessons for other logistics platforms and service-oriented enterprises.

References:

1. Le Journal des Entreprises. (2025). Tut Tut franchit le cap du million de livraisons en 2025.
2. Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. Harvard Business Review Press.
3. Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., & Welch, M. (2014). *Embracing Digital Technology: A New Strategic Imperative*. MIT Sloan Management Review, 55(2), 1-12.
4. Verhoef, P. C., et al. (2021). *Digital Transformation: A Multidisciplinary Reflection and Research Agenda*. Journal of Business Research, 122, 889-901.

© Meredov A., Myratdurdyeva A., 2026

Myradova Jemal,
student.

Nurmyradov Agamyrat,
teacher.

Oguz han Engineering and Technology university of Turkmenistan.
Ashgabat, Turkmenistan.

IMPACT OF FINANCIAL TECHNOLOGY ON TRADITIONAL BANKING SERVICES: RISKS AND ADVANTAGES

Annotation

This article examines the impact of financial technology (fintech) on traditional banking services, analyzing both the advantages and risks associated with this transformation. Fintech innovations — including mobile payments, peer-to-peer lending, robo-advisors, blockchain technology, and digital-only banks — have disrupted conventional banking models by offering faster, cheaper, and more accessible financial services. The study identifies key advantages such as enhanced customer experience, reduced operational costs,

financial inclusion, and personalized services. However, significant risks include cybersecurity threats, data privacy concerns, regulatory challenges, systemic risk, and the potential obsolescence of traditional bank branches. Drawing on recent academic literature and industry reports, the article concludes that traditional banks are increasingly adopting hybrid models that integrate fintech solutions while maintaining core banking functions. A balanced approach combining innovation with robust risk management is essential for sustainable financial stability.

Keywords:

financial technology, fintech, traditional banking, digital banking, blockchain, mobile payments, peer-to-peer lending, cybersecurity risk, financial inclusion, regulatory compliance, disruptive innovation.

1. Introduction

The rapid emergence of financial technology (fintech) has fundamentally altered the landscape of financial services. Fintech refers to the use of technology to deliver financial products and services more efficiently, transparently, and conveniently than traditional methods. Companies such as PayPal, Revolut, Stripe, Ant Group, and numerous peer-to-peer lending platforms have challenged the long-standing dominance of traditional banks. While traditional banks have historically operated through physical branches, centralized decision-making, and face-to-face customer relationships, fintech firms leverage algorithms, mobile applications, big data, and artificial intelligence.

This article addresses two central questions: What advantages does fintech offer over traditional banking? And what risks does fintech pose to customers, banks, and the broader financial system? Understanding this balance is crucial for policymakers, bankers, and consumers alike.

2. Advantages of Fintech for Traditional Banking Services

2.1. Enhanced Customer Experience and Convenience

Fintech allows customers to perform banking transactions anytime, anywhere, without visiting a physical branch. Mobile apps enable instant fund transfers, bill payments, loan applications, and account management. This 24/7 availability significantly improves customer satisfaction compared to traditional branch hours.

2.2. Lower Costs and Fees

Digital-only banks (neobanks) have no physical branch networks, resulting in dramatically lower overhead costs. These savings are often passed to customers as reduced fees, higher interest on deposits, and lower loan rates. For traditional banks, adopting fintech solutions can similarly reduce operational expenses.

2.3. Financial Inclusion

Fintech has expanded access to financial services for unbanked and underbanked populations. Individuals without traditional identification, credit history, or proximity to a bank branch can often open digital accounts, receive microloans, or make mobile payments. In developing economies, mobile money services (e.g., M-Pesa) have lifted millions out of financial exclusion.

2.4. Personalization and Data-Driven Services

Using big data analytics and artificial intelligence, fintech platforms can analyze customer spending patterns, predict needs, and offer personalized product recommendations. Traditional banks, historically reliant on standardized products, can now adopt similar technologies to deepen customer relationships.

2.5. Speed and Efficiency

Loan approvals that once took weeks can now be completed in minutes using automated underwriting algorithms. International money transfers that required several days can be settled nearly instantly using blockchain-based systems.

3. Risks of Fintech to Traditional Banking Services

3.1. Cybersecurity Threats

As financial services become increasingly digital, they become more vulnerable to hacking, phishing, ransomware, and data breaches. Fintech platforms, especially smaller startups, may have weaker security infrastructure compared to established banks. A single successful cyberattack can compromise millions of customer accounts.

3.2. Data Privacy Concerns

Fintech companies collect vast amounts of personal and financial data. Without strict governance, this data may be misused, sold without consent, or exposed through breaches. Traditional banks face reputational and legal risks when partnering with or competing against fintech firms with less mature privacy practices.

3.3. Regulatory and Compliance Risks

Fintech innovation often outpaces regulation. Many fintech products operate in regulatory grey areas, creating uncertainty for traditional banks that must comply with strict banking laws (e.g., capital adequacy requirements, anti-money laundering rules). Non-compliance by fintech partners can expose traditional banks to legal liability.

3.4. Systemic Risk

The rapid growth of interconnected fintech platforms, some operating without full banking licenses, can create new sources of systemic risk. A failure of a major peer-to-peer lending platform or a stablecoin issuer could trigger cascading losses across the financial system. Traditional banks remain exposed through investments, partnerships, or shared customer bases.

3.5. Disintermediation and Loss of Customer Relationships

Fintech companies that offer payment services, lending, or wealth management can bypass traditional banks entirely. As customers migrate to fintech for specific services, banks risk losing valuable customer relationships and cross-selling opportunities. This disintermediation threatens a core revenue source for traditional banks.

3.6. Operational Risk

Reliance on third-party technology providers (cloud services, payment processors, data analytics firms) introduces operational risks. Outages, software bugs, or vendor failures can disrupt banking services, leading to customer dissatisfaction and regulatory penalties.

4. The Response of Traditional Banks

Rather than disappearing, most traditional banks have adopted hybrid strategies. Many now offer their own mobile apps, digital wallets, and online-only account opening. Some have acquired fintech startups or formed strategic partnerships. Others have launched independent neobank subsidiaries. This convergence suggests that the future of banking will not be fintech versus traditional banking, but rather an integrated ecosystem where both coexist.

5. Conclusion

Financial technology has undeniably transformed traditional banking services, bringing substantial advantages in convenience, cost, inclusion, and personalization. However, these benefits come with significant risks, including cybersecurity threats, data privacy challenges, regulatory gaps, systemic vulnerability, and customer disintermediation. Traditional banks cannot ignore fintech; they must adapt by adopting innovative technologies while strengthening risk management frameworks. Policymakers need to update regulations to protect consumers without stifling innovation. Ultimately, the most resilient financial system will be one that harnesses the strengths of both fintech and traditional banking.

References:

1. Arner, D. W., Barberis, J. N., & Buckley, R. P. (2016). The Evolution of Fintech: A New Post-Crisis Paradigm? *Georgetown Journal of International Law*, 47(4), 1271–1319.
2. Drummer, D., Jerenz, A., Siebelt, P., & Thaten, M. (2017). Fintech: Challenges and opportunities for the banking industry. McKinsey & Company Report.
3. Gomber, P., Kauffman, R. J., Parker, C., & Weber, B. W. (2018). On the Fintech Revolution: Interpreting the Forces of Innovation, Disruption, and Transformation in Financial Services. *Journal of Management Information Systems*, 35(1), 220–265.
4. Nicoletti, B. (2017). *The Future of FinTech: Integrating Finance and Technology in Financial Services*. Palgrave Macmillan.
5. Philippon, T. (2016). *The Fintech Opportunity*. National Bureau of Economic Research Working Paper No. 22476.

© Myradova J., Nurmyradov A., 2026

УДК 33

Рахманов М.А.

Старший преподаватель, ТГИФ,
г. Ашхабад, Туркменистан

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИГР В ЭКОНОМИЧЕСКОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ
И СТРАТЕГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ БИЗНЕСА**

Аннотация

В данной статье рассматривается применение математического метода — теории игр — в сфере современной экономики и стратегического управления бизнесом. Автор анализирует, каким образом математические модели стратегического взаимодействия помогают компаниям принимать оптимальные решения в условиях конкуренции, неопределенности и неполной информации. В работе подробно описываются концепции «дилеммы заключенного» и «равновесия Нэша» без использования сложного формульного аппарата, с акцентом на их практическое значение для ценообразования, маркетинговых войн и логистических цепочек. Особое внимание уделено роли теории игр в эпоху цифровой экономики и платформенной конкуренции.

Ключевые слова:

теория игр, экономическое прогнозирование, стратегическое планирование, равновесие Нэша, рыночная конкуренция, принятие решений, олигополия.

Современная экономическая среда характеризуется высоким уровнем неопределенности и жесткой конкурентной борьбы. В условиях, когда успех одного предприятия напрямую зависит не только от его собственных действий, но и от решений, принимаемых его конкурентами, классические методы планирования часто оказываются неэффективными. Возникает необходимость в использовании специализированных аналитических инструментов, способных прогнозировать поведение участников рынка.

Одним из самых мощных разделов прикладной математики, нашедших признание в экономике,

является теория игр. Ошибочно полагать, что эта наука связана с развлечениями; в академическом понимании «игра» — это любая ситуация взаимодействия нескольких сторон, где исход зависит от стратегии каждого участника. Нобелевские премии по экономике неоднократно присуждались именно за достижения в этой области, что подчеркивает ее фундаментальную значимость. Актуальность данной работы заключается в исследовании того, как математическая логика теории игр помогает бизнесу выстраивать долгосрочные стратегии без необходимости погружения в громоздкие математические вычисления.

1. Сущность теории игр как математического метода в экономике

Теория игр изучает ситуации, в которых участники (игроки) преследуют свои интересы, а их выигрыши зависят от комбинации выбранных всеми игроками действий. В экономике в роли игроков выступают корпорации, государства, потребители или инвесторы. Вместо того чтобы рассматривать рынок как статичную систему, теория игр видит в нем динамическую арену, где каждый шаг соперника вызывает ответную реакцию.

Математический базис теории игр позволяет классифицировать рыночные ситуации по нескольким признакам:

Кооперативные и некооперативные игры: В первых участники могут подписывать юридически обязывающие соглашения (например, создание альянсов), во вторых — действуют строго автономно.

Игры с нулевой и ненулевой суммой: В играх с нулевой суммой выигрыш одного игрока в точности равен проигрышу другого (например, жесткий передел фиксированной доли рынка). Однако большинство экономических процессов являются играми с ненулевой суммой, где в результате правильной стратегии выиграть или проиграть могут все участники одновременно.

2. «Дилемма заключенного» и ценовые войны на рынке

Одной из самых известных моделей теории игр, объясняющей экономическое поведение компаний, является «дилемма заключенного». В контексте реального бизнеса эта модель идеально описывает поведение двух крупных конкурирующих фирм в условиях олигополии (например, двух крупных операторов связи или авиакомпаний).

Представим ситуацию, когда обе компании могут либо удерживать высокие цены на свои услуги, либо начать ценовую войну, снизив цены в надежде переманить клиентов. С точки зрения коллективной логики, наиболее выгодным для обеих фирм решением было бы поддержание высоких цен, что позволило бы им получать стабильную максимальную прибыль.

Однако, действуя изолированно друг от друга, каждая фирма начинает рассуждать эгоистично: «Если мой конкурент удержит высокую цену, а я снижу — я заберу весь рынок и заработаю колоссально много. Если же он снизит цену, а я оставлю высокую — я обанкрочусь. Значит, мне в любом случае выгодно снижать цену».

Теория игр представляет собой уникальный пример того, как глубокий математический метод может быть успешно переведен на язык практического бизнеса и стратегического менеджмента. Она учит руководителей мыслить системно, смотреть на рынок глазами своих конкурентов и осознавать, что в экономике нет изолированных решений.

Список использованной литературы:

1. Алескеров, Ф.Т. Теория игр и экономическое моделирование / Ф. Т. 2023. – 214 с.
2. Данилов, В.И. Лекции по теории игр и ее экономическим приложениям / В. И. Данилов. – Москва: Дело, 2022. – 196 с.
3. Захаров, А.В. Теория игр в общественных науках: учебник для вузов / А. В. Захаров. – Москва: Издательский дом Высшей школы экономики, 2024.

© Рахманов М., 2026

Хазраткулов Санджар,

Студент 2-го курса экономического факультета.
Туркменский государственный институт экономики и управления.
Ашхабад, Туркменистан.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Аннотация

В данной статье рассматривается экономика как фундаментальная наука об управлении ограниченными ресурсами. Анализируются основные этапы развития экономической мысли, классические и современные экономические школы. Особое внимание уделяется трем ключевым вопросам экономики: что производить, как производить и для кого производить. В работе исследуются рыночные механизмы спроса и предложения, роль государства в экономике, а также современные вызовы, такие как цифровизация, глобализация и устойчивое развитие. Статья предназначена для студентов, преподавателей и всех интересующихся основами экономической теории.

Ключевые слова:

экономика, ограниченные ресурсы, спрос и предложение, рыночная экономика, государственное регулирование, экономические системы, микроэкономика, макроэкономика, инфляция, безработица, экономический рост.

Введение

Термин «экономика» происходит от древнегреческих слов «ойкос» (дом) и «номос» (правило, закон), что буквально означает «искусство ведения домашнего хозяйства». Сегодня экономика — это обширная наука, изучающая поведение людей в процессе производства, распределения, обмена и потребления благ в условиях ограниченности ресурсов. Каждое общество сталкивается с фундаментальной проблемой: потребности людей безграничны, а ресурсы для их удовлетворения — ограничены. Именно эта проблема лежит в основе всех экономических решений.

1. Основные этапы развития экономической мысли

Экономическая наука прошла долгий путь развития:

- **Древний мир (Ксенофонт, Аристотель)** – первые представления о домохозяйстве, деньгах, торговле.
- **Меркантилизм (XVI–XVII вв.)** – богатство отождествлялось с золотом и серебром; основой считалась внешняя торговля.
- **Классическая политэкономия (Смит, Рикардо, XVIII–XIX вв.)** – введено понятие «невидимой руки рынка», развита трудовая теория стоимости.
- **Марксизм (Маркс, Энгельс, XIX в.)** – критика капитализма, теория прибавочной стоимости.
- **Маржинализм и неоклассика (конец XIX – начало XX вв.)** – переход к анализу предельных величин, теория предельной полезности.
- **Кейнсианство (Дж. М. Кейнс, 1930-е гг.)** – обоснование необходимости государственного вмешательства в экономику для борьбы с кризисами.
- **Монетаризм (М. Фридман, 1950–1980-е гг.)** – приоритет денежно-кредитной политики в регулировании экономики.
- **Современные направления** – поведенческая экономика (Д. Канеман), институциональная экономика, новая классика.

2. Фундаментальные вопросы экономики

Независимо от типа экономической системы (рыночная, командная, традиционная или смешанная), любое общество должно ответить на три главных вопроса:

1. **Что производить?** – какие товары и услуги, в каком количестве?
2. **Как производить?** – с помощью каких технологий, ресурсов и методов?
3. **Для кого производить?** – как распределять произведённые блага среди членов общества?

В рыночной экономике эти вопросы решаются через механизм цен, спроса и предложения. В командной экономике — через централизованное планирование.

3. Спрос и предложение: рыночный механизм

Закон спроса гласит: при прочих равных условиях, повышение цены ведёт к снижению величины спроса. Закон предложения: повышение цены ведёт к росту величины предложения. Взаимодействие спроса и предложения определяет рыночную равновесную цену.

Функция спроса (упрощённо): $Q_d = a - bP$

Функция предложения: $Q_s = c + dP$

Где Q_d – величина спроса, Q_s – величина предложения, P – цена.

Рыночное равновесие достигается при равенстве $Q_d = Q_s$. Любое отклонение порождает либо дефицит, либо избыток, что запускает механизм автоматического возвращения к равновесию.

4. Микроэкономика и макроэкономика

Экономическая наука традиционно делится на два уровня:

Микроэкономика изучает поведение отдельных экономических агентов: домохозяйств, фирм, потребителей. Её вопросы: как потребитель делает выбор при ограниченном бюджете? как фирма определяет оптимальный объём производства? как формируются цены на отдельные рынки?

Макроэкономика изучает экономику как единое целое. Основные макроэкономические показатели:

- **Валовой внутренний продукт (ВВП)** – рыночная стоимость всех конечных товаров и услуг, произведённых в стране за год.
- **Уровень инфляции** – рост общего уровня цен.
- **Уровень безработицы** – доля трудоспособного населения, не имеющего работы.
- **Экономический рост** – увеличение реального ВВП на душу населения.

5. Современные вызовы и тенденции

Экономика XXI века сталкивается с новыми вызовами:

- **Цифровизация** – развитие электронной коммерции, криптовалют, искусственного интеллекта в финансовой сфере.
- **Глобализация** – усиление взаимозависимости национальных экономик, глобальные цепочки поставок.
- **Устойчивое развитие (ESG-принципы)** – учёт экологических, социальных и управленческих факторов при принятии экономических решений.
- **Неравенство доходов** – проблема дифференциации богатства и поиск эффективных механизмов перераспределения.
- **Демографические изменения** – старение населения в развитых странах и его влияние на рынок труда и пенсионные системы.

Заключение

Экономика — это не просто абстрактная наука, а основа повседневной жизни каждого человека, каждой семьи и каждого государства. Понимание базовых экономических принципов позволяет принимать более обоснованные решения в условиях ограниченности ресурсов. От выбора товара в

магазине до государственной бюджетной политики — везде действуют экономические законы. Изучение экономики даёт ключ к пониманию того, как функционирует современный мир, и помогает ориентироваться в сложных процессах глобализации, цифровизации и социальных изменений. Будущее экономической науки связано с синтезом классических теорий и новых подходов — поведенческой экономики, теории игр, нейроэкономики, что позволит ещё глубже понять природу человеческого выбора.

Список использованной литературы:

1. Мэнкью, Н.Г. Принципы экономикс. – СПб.: Питер, 2021. – 896 с. (Классический университетский учебник по экономике)
2. Самуэльсон, П., Нордхаус, В. Экономика. – М.: Вильямс, 2020. – 1360 с. (Фундаментальный труд нобелевского лауреата)
3. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов. – М.: Эксмо, 2016. – 1056 с. (Основа классической политэкономии)
4. Кейнс, Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег. – М.: Гелиос АРВ, 2018. – 352 с. (Основополагающая работа кейнсианства)
5. Фридман, М. Капитализм и свобода. – М.: Новое издательство, 2017. – 240 с. (Ключевая работа монетаризма)
6. Аникин, А. В. Юность науки: Жизнь и идеи мыслителей-экономистов до Маркса. – М.: Экономика, 2019. – 384 с. (История экономической мысли)
7. Канеман, Д. Думай медленно... решай быстро. – М.: АСТ, 2018. – 656 с. (Поведенческая экономика, нобелевская лекция)
8. Нуреев, Р. М. Курс микроэкономики. – М.: Норма, 2021. – 576 с. (Российский учебник по микроэкономике)
9. Тарасевич, Л. С., Гребенников, П. И., Леусский, А. И. Макроэкономика. – М.: Юрайт, 2022. – 686 с. (Современный учебник по макроэкономике)
10. Асемоглу, Д., Робинсон, Дж. Почему одни страны богатые, а другие бедные. – М.: АСТ, 2016. – 720 с. (Институциональная экономика и проблемы экономического развития)

© Хазраткулов С., 2026



ФИЛОСОФИЯ

Карачунский Владимир Александрович

Приазовский государственный технический университет
г. Мариуполь, РФ

ЛОГИКА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ

Аннотация

Анализ субъекта в парадигме взаимодействия, используемый в данной работе, показывает сознание как относительно устойчивую динамическую систему, продукт равновесия с окружающей средой, который в различной форме представлен в различных тканях организма. Мышление в этом контексте – процесс восстановления нарушенного равновесия, логика которого определяется законами природы и особенностями противодействия им со стороны тканей организма.

Ключевые слова:

искусственный интеллект, логика, общественные отношения, коллективное сознание.

Karachunsky Vladimir A.

Azov State Technical University, Mariupol, Russian Federation

THE LOGIC OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND PUBLIC RELATIONS

Abstract

The analysis of the subject in the interaction paradigm, used in this work, shows consciousness as a relatively stable dynamic system, a product of equilibrium with the environment, which is represented in various forms in different tissues of the body. In this context, thinking is a process of restoring the disturbed equilibrium, the logic of which is determined by the laws of nature and the specific resistance of the body's tissues.

Keywords:

artificial intelligence, logic, social relations, and collective consciousness.

В последнее время публикуется большое количество материалов о перспективах развития ИИ, однако убедительность представленных мнений остается невысокой, поскольку нет однозначного понимания природы интеллекта и логики мышления. Аналогичная ситуация имеет место в теории логики межгосударственных отношений, которая находится в прямой зависимости от решения вопросов коллективной психологии «область, изучающая, как мысли, чувства и поведение человека формируются под влиянием присутствия других людей, реальных или воображаемых». [1].

Следует отметить, что ответ на вопрос о природе логики уже существует, но остается незаметным среди множества гипотез, где найти однозначное решение практически невозможно, тем более что различные, часто взаимоисключающие гипотезы, находят в «информационном море» необходимую аргументацию и безропотно включаются в древо познания, что не объясняет, а усложняет понимание вопроса. В этом контексте важнейшей задачей науки становится не поиск оригинальных решений, а систематизация уже существующих концепций и это, в конечном счете, ведет к пониманию теории познания в качестве безальтернативной точки отсчета в формировании системных представлений об окружающем мире. В современной науке на переднем плане развития теории познания находится психофизиология, которая успешно уточняет и развивает наши представления о взаимоотношении физического и психического, изначально заложенные в философии.

Систематизация это не в поиск новых определений, а объединение ранее предложенных концепций. Проведем эксперимент с ИИ, спросим Алису, что такое мышление и логика [2]:

Мышление — это высший познавательный процесс, который позволяет человеку получать знания о мире, строить модели реальности, выявлять причинно-следственные связи, решать проблемы и задачи, планировать действия.

Логика — это наука о правильном мышлении, изучающая законы, формы, приёмы и операции, с помощью которых человек познаёт окружающий мир. Её цель — научить осознанно применять правила построения рассуждений, чтобы мыслить последовательно, непротиворечиво и доказательно.

Сравнивая понятия «мышление» и «логика» не будем искать отличия, а попробуем объединить их между собой. С точки зрения здравого смысла логика и мышление — это процессы, которые предполагают субъекта как совместную среду их существования. Решение не новое – у Гегеля мышление трактуется как фрагмент всеобщего движения (абсолютная идея). Однако такое, предельно абстрактное определение мышления имеет существенный недостаток, поскольку действительность анализируется с точки зрения внешнего наблюдателя (точка отсчета вне изучаемой системы). В действительности точка отсчета в нашем представлении о мире расположена внутри системы рассуждений, где субъект является фрагментом всеобщего движения. Собственно, законы диалектики Гегеля – «единство и борьба противоположностей», «переход количества в качество», «отрицание отрицания» предполагают в завуалированной форме существование субъекта и возвращают точку отсчета внутрь системы рассуждений. В наше время концепция Гегеля получила конкретное воплощение в понятии «система» - относительно устойчивая в пространстве и времени динамическая структура, существующая как результат равновесия между внешним движением и движением внутри нее. Таким образом, наряду с концепцией движения как линейного процесса, появляется понимание движения как взаимодействия, причем обе точки зрения не противоречат друг другу, поскольку речь идет об одном процессе, который изучается с двух точек зрения (наблюдатель вне системы рассуждений, наблюдатель внутри системы рассуждений). Как было показано в монографии «Философия движения» дуализм в понимании движения закономерное следствие эволюции человека в биологическом плане [3]. Внутренний наблюдатель формирует модель фрагмента действительности, по сути, программу действий, которая определяет практическую деятельность человека. Внешний наблюдатель формирует неопределенную, теоретическую модель действительности, которая позволяет перестраивать ранее принятые представления и находить новые, более совершенные программы действий. В философии дуализм процесса познания ошибочно анализируется как борьба идеального и материального мировоззрений, без понимания того, что материализм и идеализм это две, взаимодополняющие фазы процесса познания.

Концепция взаимодействия позволяет иначе расставить акценты в понимании организма и происходящих в нем процессах. Организм – это динамическая система (единство противоположностей), которая находится в равновесии с внешней средой и периодически эволюционирует под влиянием внешних сил (переход количества в качество, отрицание отрицания). Организм система многоуровневая, отдельные уровни которого отражают этапы равновесия с окружающей средой. По мере эволюции ткани консолидируют новый опыт, что повышает стабильность существования организма в среде обитания. При нарушении равновесия в тканях организма происходят перестройки, которые закрепляют новый опыт, причем этот процесс определяется внешней средой, контакты с которой, в процессе проб и ошибок, позволяют точнее настраиваются на законы природы.

Сознание в наиболее общем виде — это относительно устойчивая функциональная система,

которая на различных этапах биологической эволюции свойственна генетическому материалу (ДНК), клетке, процессам в различных тканях организма, сообществам организмов (стая, колония, биоценоз). С этой точки зрения, сознание в общепринятом понимании следует рассматривать как частный случай динамического равновесия в тканях организма – функциональная система, представленная круговыми потоками импульсов в нейронной сети. Соответственно мышление следует рассматривать как процесс восстановления нарушенного равновесия между внешней средой и процессами в различных тканях организма (иммунитет, дыхание, пищеварение). Мышление в общепринятом понимании – это частный случай противодействия организма среде посредством нейромышечной активности, где поведенческий континуум уравнивает действие среды, а нейронная сеть консолидирует приобретаемый опыт. Важно подчеркнуть, что логика мышления на различных уровнях организации организма отражает становление равновесия между его внутренними процессами и изменчивостью окружающей среды, то есть процессы в тканях организма по мере формирования равновесия начинают в негативной форме копировать законы природы.

Выводы:

- Парадигма взаимодействия в наиболее общем виде характеризует ткани организма и происходящие в них процессы, как результат становления равновесия со средой на различных этапах эволюции биологической системы.

- Сознание – это устойчивые процессы в тканях организма, опыт поддержания равновесия с окружающей средой в различных системах организма, частным проявлением которых является сознание в общепринятом понимании (кольцевые потоки импульсов в нейронной сети).

- Мышление есть процесс восстановления нарушенного равновесия в форме перестройки функциональных систем в тканях организма. Логика мышления определяет взаимодействие, когда процессы в тканях организма по мере проб и ошибок настраиваются на законы природы и отражают их в негативной форме.

Вышеприведенные рассуждения позволяют разобраться в природе искусственного интеллекта. Интеллект – это прежний опыт, консолидированный в тех или иных структурах, способность тканей и систем организма реагировать на изменения окружающей среды в определенных условиях. Таким интеллектуальным свойством обладают созданные человеком вещи. Вполне логично, что необычные процессы в окружающей среде могут спровоцировать непредсказуемую активацию того или иного объекта. Граната может неожиданно взорваться, но это не значит, что ей свойственны волевые качества. Пуля, не попавшая в цель, не проявляет свой характер, а автоматически реагирует на сочетание внешних условий и своих внутренних свойств. Рассуждения о том, что сложные системы управления, именуемые искусственным интеллектом, действуют в своих интересах глупость, способ оправдать несовершенство программы или последствия ее неправомерного применения. Техника не может быть «козлом отпущения», за все должен отвечать создавший ее человек. В сложных, высокоавтоматизированных процессах обработки информации всегда сохраняется риск развития непредвиденной цепной реакции, которая может привести к неожиданным, возможно фатальным результатам. Следует особо подчеркнуть, что мышление процесс, который активируется новизной внешних условий и нарушением равновесия, поэтому предположение о внутренней, избыточной активности системы ошибочно, поскольку нарушает принцип сохранения энергии.

Ограничение машинного интеллекта в том, что выбор форм активности привязан к ранее созданными программам, где процесс комбинации заложенных программой форм активности – это имитация мышления, которая не учитывает текущую изменчивость среды (запрограммированные модели действительности существуют в прошлом времени и не могут реагировать на эволюцию среды - будущее время). Например, человек случайно провалившийся в подземный лабиринт, осознает

обстановку (создаст новую модель действительности), а машина будет продолжать поиск решения ориентируясь на ранее заложенные в ее программах модели окружающей среды. В этом плане рефлекторная сфера человека обладает пластичностью, которая определяет эволюцию тканей организма, то есть меняет исходные программы взаимодействия со средой. Следует обратить внимание, что активность организма первична, уравнивает внешнюю среду, а активность машины вторична – это своеобразная перчатка на руке человека, которая повышает эффективность его мышления, соответственно стремление машины к первичному равновесию с окружающей средой лишено смысла как для нее, так и для человека.

Понимание логики мышления в контексте сил противодействия окружающей среде, а сознания в качестве программы действий (приобретенный опыт), дает возможность разобраться в вопросах коллективной психологии. Французский философ Леви-Брюль, изучал иррациональные, с его точки зрения, рассуждения народов с примитивной государственностью (дологическое мышление) [4, стр.132]:

Первобытное мышление обнаруживает безразличие к противоречиям, которое не терпит наш разум.

Коллективные представления не зависят в своем бытии от отдельной личности, их невозможно осмыслить и понять путем рассмотрения индивида как такового.

В качестве доказательства своих взглядов Леви-Брюль приводит множество фактов. Например, у туземцев Фиджи наступить на тень человека считается смертельным оскорблением. Особенности мышления, на которые обращает внимание Леви-Брюль, легко объяснить, если понимать сознание как программу действий, необходимую в практике сосуществования небольшой группы людей в определенных природных условиях. Мистическое отношение к тени человека закрепляет идею равноправия членов сообщества, а фантастический характер рассуждений не требует иных доказательств. Важно подчеркнуть, что содержание сознания и его логика определяются условиями существования и формируются в процессе проб, где мистическое мировоззрение самый надежный способ закрепить практически важные формы коллективного мировоззрения.

На важную роль инстинктивной сферы в формировании сознания обращает Юнг, который в «Аналитической философии» использует понятие «коллективное бессознательное» [5, стр. 492]:

...понятие обозначающее совокупность наследуемых людьми универсальных структур, механизмов, архетипов, инстинктов, импульсов, образов, передаваемых от поколения к поколению как субстрат психического бытия. Основное содержание коллективного бессознательного составляют инстинкты и архетипы.

В контексте вышеизложенного материала, среда обитания и совместная деятельность членов общества предполагает совместную программу действий и логику формирования коллективного мировоззрения, стабильность которого поддерживается и развивается в процессе коммуникации, что закрепляется в рефлекторной сфере (коллективное бессознательное). В этом плане следует отметить, что инстинктивная сфера – автоматизированные формы восприятия действительности и поведения постоянно настраиваются на изменчивость среды и формируют новые способы адаптации, которые в свою очередь, при кратном повторении, переходят в инстинктивную сферу.

Общественное сознание в плане взаимодействия — это продукт политического устройства, где коллективные действия и интересы определяют логику формирования коллективного мировоззрения для большинства членов данного сообщества. В этом контексте можно, сравнить существующие теории межгосударственных отношений [6]:

- Реализм — государства накапливают ресурсы, а характер их взаимодействия определяется количеством ресурсов, военными, экономическими и политическими возможностями. Теория основывается на трудах Фукидида, Макиавелли и Т. Гоббса.

• Неoliberalизм утверждает, что международные политические институты могут способствовать успешному сотрудничеству между государствами.

• Конструктивизм акцентирует внимание на том, что международная политика формируется под влиянием идей, коллективных ценностей, культуры и социальной идентификации.

• Марксизм рассматривает международную систему как интегрированную капиталистическую систему, цель которой — накопить как можно больше капитала.

Реализм обращает внимание на общественное сознание как продукт экономических отношений, где коллективное сознание представлено моделью действительности, которая легализует политику государства -программу коллективных действий и это не противоречит биологической сущности человека.

Неoliberalизм предлагает односторонний подход, по сути некий идеал, существование которого не подтверждает история межгосударственных отношений. Еще более наивным является *конструктивизм*, который ошибочно полагает, что логика межгосударственных отношений определяется прошлым опытом – культурными ценностями и моральными принципами, что в перспективе отрицает эволюцию прежнего опыта и игнорирует природу коллективного мышления, которое направлено на оправдание политических интересов государства. Тем не менее, обе теории имеют практический смысл, поскольку успокаивают общественное мнение, стабилизируют общественные отношения. Как писал Ж. Беранже: «Честь безумцу, который навеет человечеству со золотой!».

Особое место среди теорий межгосударственных отношений занимает политическая экономика Маркса, которую пытаются рассматривать в узко прикладном значении. Наиболее полно значимость идей Маркса была раскрыта в СССР, в том числе и как «...законченное философское социологическое учение о сознании» и логике его формирования. Например, философ и психолог Леонтьев А.Н. пишет [7, стр. 8]:

Для Маркса деятельность в ее исходной и основной форме – это чувственная, практическая деятельность, в которой люди вступают в физический контакт с предметами окружающего мира, испытывают на себе их сопротивление и воздействуют на них, починаясь их объективным свойствам.

В «Диалектике природы» Энгельс последовательно показал логику формирования живых организмов, как следствие их взаимодействия с окружающей средой, логику появления человека как результат трудовой деятельности (взаимодействие людей между собой и окружающей средой). Именно в этой парадигме рассматривает экономические отношения Маркс и доказывает, что общественное сознание определяется экономическими отношениями, которые определяют жизнеспособность государства. В этом контексте становится понятно, что США и некоторые страны Европы обеспечивают эффективность своей экономики за счет присвоения богатств других стран и управления энергетическими, транспортными и другими формами коммуникации. В биологии хищничество и паразитизм ставит хозяина в зависимость от объекта эксплуатации, поскольку утрачивается возможность иных способов существования. В аналогичном положении оказались некоторые развитые экономики, которые утратили способность обеспечивать уровень жизни своего населения за счет внутренних ресурсов и вынужденно грабят соседей. Это в свою очередь это формирует тенденции в общественном сознании и делает их доминирующими применительно к определяющим политику государства процессам. Кроме того, значительный капитал сосредоточенный в частных руках получает возможность управлять экономикой государства, направляет логику коллективного мышления и формирует общественное сознание в необходимом для «заказчика» направлении. Именно эти процессы имеют место в Европе, где разрушение экономики и неконтролируемая миграция создает условия для превращения «травоядных», самодостаточных

государств в «хищников». Вопрос о том, на кого «хищники» будут нападать, является риторическим.

Список использованной литературы:

1. Любовь Евсеева Как толпа может изменить вас: секреты коллективной психологии <https://www.mostimes.com/news/collective-psychology-secrets/5668/>
2. Мышление в психологии: определение, виды, функции и как оно работает <https://psyjack.ru/basics/cognitions/thinking/>
3. Карачунский В.А. Философия движения / В.А. Карачунский. – М.: КнигИздат, 2025 – 352 с.
4. Леви-Брюль Л. Первобытное мышление / Л. Леви-Брюль // Хрестоматия по общей психологии, под рею Ю.Б. Гиппенрейтер, В.В. Петухова. – М.: Изд-во Московского университета, 1981. – С. 130 – 140.
5. Овчаренко В.И. Коллективное бессознательное / В.И. Овчаренко // Всемирная энциклопедия: Философия / под ред. А.А. Грицианова. – М.: Харвест, Современный литератор, 2001 – С. 492
6. Теории межгосударственных отношений. Большая российская энциклопедия. <https://bigenc.ru/c/teorii-mezhdunarodnykh-otnoshenii-6526f5>
7. Леонтьев А.Н. Карл Маркс и психологическая наука. /А.Н. Леонтьев // Хрестоматия по общей психологии под ред. В.А. Петровского. – М.: «Посвещение», 1977 – С. 7 – 17.

©Карачунский В.А., 2026



ПЕДАГОГИКА

Do Tien Thiet, Dr.

Hanoi University of Mining and Geology

PHYSICAL EDUCATION AT THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY IN THE TREND OF FUNDAMENTAL EDUCATIONAL REFORMATION

Abstract

This paper outlines the compulsory role of physical education within the national education system and its contribution to the ultimate goal of comprehensive development. Physical education serves as a foundational pillar in improving people's intellectual standards, training high-quality human resources, and fostering talents to meet the rigorous demands of building and defending the socialist nation.

Keywords:

educational innovation, innovation trend, physical education, sports.

1. Introduction

The school-based physical education (PE) task plays a vitally important role in the cause of comprehensive educational reformation in the country, aiming to cultivate a new generation of Vietnamese citizens who are fully developed in terms of morality, intellect, physical stature, and aesthetics. Physical education within schools is defined as an essential component in enhancing health and physical fitness, fostering quality, morality, and willpower, as well as shaping students' personalities. This contributes directly to fulfilling the demands of national industrialization and modernization, ensuring that the youth are "highly developed in intellect, physically robust, pure in morality, and rich in spirit."

Recognizing these values, school physical education has always received profound attention from the Party, the State, all levels of authorities, and the entire society. In particular, over the past years, the Ministry of Education and Training and the sports sector have maintained close collaboration in comprehensive orientation and management, driving strong advancements in school-based physical education. Consequently, the practical execution of physical education in modern institutions urgently demands a contingent of physical instructors who possess high professional qualifications, profound expertise, and a solid foundation in pedagogical methods to successfully adapt to contemporary social requirements.

2. Main content

2.1 Ho Chi Minh's Perspectives on Physical Training

2.1.1 Historical Context and Legal Milestones

Shortly after the Declaration of Independence that established the Democratic Republic of Vietnam, on January 30, 1946, President Ho Chi Minh signed Decree No. 14 to institute the Central Department of Physical Education under the Ministry of Youth. This decree mandated the department to collaborate with the Ministry of Health and the Ministry of National Education to research methods and implement physical education nationwide. Following this event, the first Physical Education School was established in Hanoi, marking the birth of revolutionary Vietnamese physical education and sports.

Subsequently, on March 27, 1946, he signed Decree No. 38 to establish the Department of Youth and Physical Education under the Ministry of National Education, comprised of the Youth Division and the Central Physical Education Division.

2.1.2 Core Ideology of the Leader

On the same day of signing Decree No. 38 (March 27, 1946), President Ho Chi Minh wrote the "Appeal for All People to Practice Physical Exercise" published in the *Cuu Quoc* (National Salvation) newspaper. This

appeal triggered the nationwide "Healthy for the Country" movement. His core philosophy was encapsulated in the paradigm: "A healthy citizen makes a healthy country, an infirm citizen makes the country partly weaker." He asserted that maintaining democracy, building the nation, and developing a new lifestyle all required physical health, making exercise a duty of every patriotic citizen.

Furthermore, Uncle Ho served as a brilliant, lifelong role model for self-discipline, famously stating, "I myself practice exercise every single day." His ultimate philosophy merged into four words: "*Dan cuong, nuoc tinh*" (Strong citizens, prosperous nation), affirming the direct dialectical relationship between individual physical well-being and national prosperity. In March 1960, at a conference for physical training and sports cadres, he elevated this field by strategically defining sports and physical education as an essential "revolutionary task."

2.2 The Position, Role, and Current Status of Physical Education in Modern Schools

2.2.1 Position and Role of Physical Education

Physical education is an irreplaceable, compulsory educational activity conducted through both curricular and extracurricular formats. In the pedagogical system, physical education is divided into two relatively independent yet interconnected aspects: instructional movement techniques and the development of physical qualities. It primarily shapes essential lifelong motor skills (such as walking, running, jumping, and climbing), alleviates psychological and academic stress, builds willpower, and fosters a disciplined, healthy lifestyle adapted to the rapid rhythm of the industrialization era.

2.2.2 Two Standard Formats of Physical Education Organization

Curricular Learning (In-class): This is the core, foundational format integrated into the university plan. It aims to systematically develop physical attributes, coordinate motor skills, and provide students with the technical proficiency needed to execute sports movements properly, while cultivating regular training habits.

2.2.3 Current Status of Physical Education in Higher Education

Despite its institutionalized role, the practical implementation of physical education faces significant roadblocks from both systemic and behavioral perspectives:

Institutional Limitations: A considerable number of universities still treat physical education as a minor or secondary subject. Consequently, investment in infrastructure remains severely deficient. Many modern campuses suffer from cramped spaces, lack dedicated training grounds, or are forced to rent external facilities. Additionally, outdated and rigid curricula fail to stimulate student interest.

2.3 Proposals for Improving the Quality of Physical Education at Hanoi University of Mining and Geology

2.3.1 Institutional Context Analysis

Favorable Conditions: The physical education sector receives strategic attention and direct guidance from the University Board of Management. The university is actively piloting the project "Physical Education Based on Learners' Demands" for first-year students of the K70 cohort. Furthermore, the faculty profile is highly qualified, with 100% of the instructors holding Master's or Doctoral degrees specializing in Sports and Physical Education.

2.3.2 Systematic Proposed Solutions

Solution 1: Overall Curricular Reformation and Educational Architecture

Conduct routine professional training workshops for faculty members to deeply assimilate the contents, paradigms, and rigorous metrics of the newly modernized physical education curriculum.

Solution 2: Pedagogical Orientations for Faculty Members

- Actively execute psychological orientation to cultivate correct and long-term learning motivation among students, transforming physical training from a compulsory burden into a conscious health-preservation habit.

Solution 3: Administrative Management and Infrastructure Security

• Enhance the synchronization and operational connection among the Department of Physical Education, the University Board of Management, functional departments, and youth unions to establish a robust framework for mass sports movements.

3. Conclusion

Physical education constitutes an fundamentally important pillar within the framework of the new national educational curriculum, demanding a highly synchronized, active, and comprehensive execution across all institutional levels. Amidst the accelerating demands of national industrialization, modernization, and global integration, the core missions of constructing human capacity, fostering ethical virtues, and refining individual personality require the school-based physical education task to become increasingly practical, innovative, and highly effective.

Consequently, the modernization of physical training must be institutionalized, intensified, and structurally driven right from the foundational level of teacher training and higher education institutions.

The systematic solutions and pedagogical measures proposed in this paper are directly derived from a thorough, realistic assessment of the specific current conditions at the Hanoi University of Mining and Geology. However, to translate these academic proposals into enduring structural successes, it urgently requires the collaborative contribution, intellectual exchange, and shared operational experience of various universities and educational training centers nationwide. Most importantly, the sector looks forward to receiving profound attention, strategic orientation, and robust financial and infrastructural investments from relevant governing ministries, state sectors, and authorized departments to successfully meet the historical demands of fundamental educational reformation.

References:

1. Ho Chi Minh (2006), Chronology of Biography, Vol. 3, National Political Publishing House, Hanoi.
2. Ho Chi Minh (1995), Complete Works, Vol. 4, National Political Publishing House, Hanoi.
3. Ho Chi Minh (1995), Complete Works, Vol. 5, National Political Publishing House, Hanoi.
4. Ministry of Education and Training (2000), Regulations on School Physical Education and Sports - Draft 4, Hanoi.
5. Bui Quang Hai (2007), Research on the Physical Development of Students in Several Northern Provinces Using the Longitudinal Observation Method, Doctoral Dissertation in Education, Hanoi.

© Do Tien Thiet, 2026

Do Tien Thiet, Ph.D.

Hanoi University of Mining and Geology

SELECT SOME SUPPLEMENTARY EXERCISES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF HIGH-HAND SERVICE TECHNIQUE FOR K70 STUDENTS OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY**Abstract**

By using routine sports science research methods, the author has selected and implemented a system of specialized supplementary exercises to correct common structural errors and increase the efficiency of the overhand face-forward serving technique for K70 students at the University of Mining and Geology. The pedagogical application results indicate that the proposed framework effectively assisted students in

developing stable motor skills, optimizing biomechanical parameters, and eliminating psychological constraints during technical execution.

Keywords:

supporting exercises, overhand front serve, students, University of Mining and Geology.

1. Introduction

1.1 Significance and Effects of Volleyball

Volleyball is an highly attractive, easily accessible sport suitable for individuals of all ages and genders. Within the university environment, it functions as an active recovery mechanism that helps students restore physical capacity and alleviate mental fatigue after demanding academic lectures.

Regular engagement in volleyball training fundamentally enhances and reinforces overall health while comprehensively developing core physical components, specifically speed, power, endurance, and agility. Furthermore, the sport serves as a valuable pedagogical tool for cultivating strong-willed psychological attributes, collective consciousness, solidarity, and courage. These qualities equip students with vital life competencies for their future careers, actively contributing to the sustainable development and defense of the nation.

1.2 The Core Role of Serving Technique

The game of volleyball consists of a dynamic matrix of fundamental skills that form the basis of team tactics, including passing, setting, spiking, blocking, and serving. Among these components, the serve operates as the absolute catalyst that initiates every match, set, and individual rally.

In modern volleyball, serving has transcended its traditional role of merely putting the ball into play and is now deployed as an explicit offensive weapon. A high-velocity, powerful serve directly challenges the opposing team's primary reception (the first pass), destabilizing and disrupting their organized offensive combinations, which frequently yields direct aces.

Psychologically, an effective serve instills deep confidence and tactical security within one's own team while simultaneously applying immense cognitive pressure and emotional inhibition upon the opponents. Crucially, the server retains complete operational autonomy during the execution of this technique, allowing them to adjust parameters based on personal mastery and tactical choice without any direct interference from the opponent or reliance on a teammate's setup.

1.3 Current Acquisition Status of K70 Students at HUMG

Through practical physical education instruction provided to the K70 student cohort at the Hanoi University of Mining and Geology (HUMG), the author has observed that the operational efficiency of the overhand front serve remains significantly constrained. A vast majority of students fail to achieve technical proficiency and routinely exhibit persistent, systematic errors.

Given the strict limitations on credit hours within the physical education curriculum, a failure to establish scientifically accurate motor concepts during the initial phase inevitably leads to the crystallization of faulty kinetic habits. These internalized technical errors form long-term negative motor stereotypes that become exceptionally difficult to correct in subsequent training stages.

1.4 Research Objectives

Based on the identified instructional challenges, this study aims to isolate the underlying biomechanical and pedagogical causes of these technical limitations. Consequently, the ultimate objective is to select, systematize, and evaluate a dedicated framework of supplementary exercises designed to eradicate common structural errors, thereby maximizing the technical efficiency of the overhand front serve for K70 students at the Hanoi University of Mining and Geology.

2. Factors influencing the efficiency of vol- leyball serving technique

2.1 Technical Perfection and Tactical Trends

As a non-cyclic sport with highly volatile and complex scenarios, volleyball requires players to possess robust physical endurance, psychological stability, and refined technical skills to execute strategic maneuvers both with and without the ball. Within this framework, systematic technical training enables learners to master movement mechanics, providing the foundational cornerstone for fluid team tactics. Achieving high-level technical perfection and consistency shifts the execution of the serve to an automated motor control mechanism, which minimizes the functional burden on the central nervous system and liberates the conscious mind from micro-structural details like ball-tossing or arm-swing mechanics. This automation allows athletes to redirect their focus entirely toward ball velocity, placement, and tactical trends, driving modern serving strategies to operate as proactive offensive weapons designed to break the opponent's defensive formation and destabilize their tactical transition.

2.2 Psychological and Physiological Foundations

The diverse psychological manifestations of sports practitioners are shaped by both subjective variables and external stressors like match pressure, officiating quality, and spectator interference, requiring instructors to systematically cultivate attributes like courage, decisiveness, and high-achievement readiness through diversified training environments. Physiologically, these motor skills and technical habits are established as structural templates within the cerebral cortex through the progressive accumulation and stabilization of conditioned reflexes. Consequently, pedagogical progression must strictly adhere to the principle of systematicity—advancing sequentially from low to high difficulty and from simple isolated components to complex integrated systems—ensuring that each preceding exercise serves as an indispensable biomechanical foundation for the next.

2.3 Theoretical Foundation and Biomechanical Analysis of the Overhand Front Serve

In competitive volleyball, athletes utilize a diverse repertoire of serving variations—including underhand, overhand, and jump serves—to generate trajectories like topspin, float, or high-velocity power.

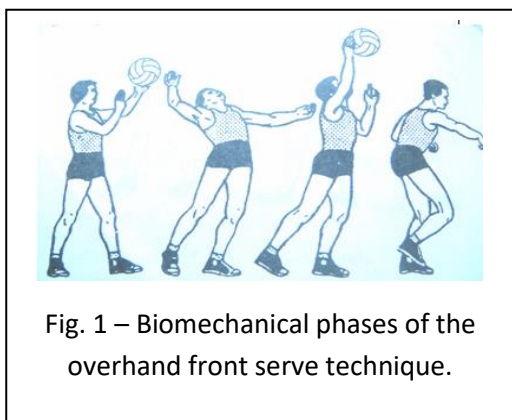


Fig. 1 – Biomechanical phases of the overhand front serve technique.

Among these, the biomechanical execution of the overhand front serve relies heavily on its initial interconnected phases: a stable preparatory position, where the student stands facing the net with feet staggered half a step apart and weight evenly distributed, followed by a precise ball-tossing technique. During the toss, the non-dominant hand elevates and launches the ball vertically 80 - 100cm (or up to 1.5m) high, tracking slightly toward the hitting side while the legs flex and extend rhythmically to generate upward kinetic momentum. Ultimately, avoiding a low or unstable toss in this phase is critical, as it restricts arm-swing amplitude and renders the final

contact highly inaccurate.

3. Analysis of structural faults and selected supplementary exercises

3.1 Common Technical Failures Among Students

Through systematic pedagogical observations and empirical monitoring of novice K70 students at the Hanoi University of Mining and Geology, the author identified several prevalent, systematic technical failures that fundamentally disrupt the correct ball trajectory. First, inconsistent ball tossing occurs when students

execute unstable tosses that are too far from the body's vertical axis, too low for optimal acceleration, too high, or tilted to one side. Second, an inaccurate point of contact arises when the hand strikes the ball off-center—whether too high, too low, or laterally displaced—failing to hit the absolute center of mass and resulting in irregular flight paths, netting, or out-of-bounds serves. Finally, a flexed hitting arm at the exact moment of impact limits performance, as the dominant elbow joint remains excessively flexed rather than reaching full extension at peak height, drastically reducing kinetic force and lowering the initial launch angle.

Selected System of Supplementary Exercises

To thoroughly eliminate the aforementioned structural errors and establish an accurate technical paradigm, the author selected and implemented a specialized system of seven supplementary exercises:

To drive technical progression, the author implemented a targeted training framework consisting of three core exercises. Exercise 1 (Stationary Toss and Catch) requires students to execute a vertical toss with the non-dominant hand and cleanly catch it with the hitting arm at the optimal contact window above the head, effectively eradicating erratic tossing vectors and stabilizing spatial-temporal tracking. Exercise 2 (Dry-Run Kinetic Coordination) utilizes full technical simulations without a ball following a rhythmic cadence—sequentially extending the legs, rotating the torso, and striking the fixed non-dominant palm at maximum reach—to synchronize the kinetic chain and eliminate muscular stiffness. Exercise 3 (Over-the-Net Power Throws) involves throwing the ball powerfully over the net from behind the endline using an overhand service motion to enhance segment acceleration, shoulder girdle power, and force application vectors. Following a rigorous period of pedagogical integration, K70 students demonstrated substantial technical progression, executing the overhand front serve with a high degree of fluid autonomy, markedly reduced muscle rigidity, and significantly higher success rates over the net.

Conclusion and recommendations

3.2 Conclusion

- For university students in general, and specifically the K70 cohort at the Hanoi University of Mining and Geology, isolating core technical weaknesses (tossing errors, elbow flexion, uncoordinated kinetic chains) and their underlying biomechanical causes represents the absolute foundational prerequisite for engineering effective pedagogical interventions.

- The empirical deployment of the selected supplementary exercise framework holds critical diagnostic and developmental value. By systematically transitioning from dry-run simulations to high-fidelity variations, the framework accelerates error correction, secures stable motor stereotypes, and drastically elevates serving efficiency.

3.3 Recommendations

- Based on the positive educational outcomes yielded by this study, it is strongly recommended that volleyball instructors within the Department of Physical Education broadly integrate this 7-exercise supplementary framework into the formal curriculum for all oncoming novice student cohorts at the Hanoi University of Mining and Geology.

- Throughout subsequent institutional implementations, instructors should continuously track performance through objective quantitative metrics and motor tests, accumulating empirical data to further refine and optimize the volumetric parameters of the selected exercises.

References

1. Ho Chi Minh (2006), *Chronology of Biography*, Vol. 3, National Political Publishing House, Hanoi.
2. Ho Chi Minh (1995), *Complete Works*, Vol. 4, National Political Publishing House, Hanoi.
3. Ho Chi Minh (1995), *Complete Works*, Vol. 5, National Political Publishing House, Hanoi.

© Do Tien Thiet, 2026

Рашидова Дилафруз Абдукаюмовна,
к.ф.н., доцент кафедры английского языка ГОУ «ХГУ им. акад. Б.Гафурова»
Мирзошарипова Наргиса,
преподаватель кафедры персидско-китайского языка ГОУ «ХГУ им. акад. Б. Гафурова»

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПЕРЕВОДЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕВОДЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ

Аннотация

В статье рассматриваются типологические особенности комплексных переводческих заданий, направленных на развитие лексической, грамматической и прагматической компетенций студентов. Анализируются различные виды упражнений, включая back-translation, parallel text analysis, translation commentary, transformation tasks и corpus-based задания. Обосновывается их эффективность в формировании профессиональной переводческой компетенции.

Ключевые слова:

методологическая модель, интегративные задания, образовательный процесс, типологические характеристики, комплексные переводческие задания.

Rashidova Dilafruz Abdukayumovna,
Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, English Language Department, SEI "Khujand State University named after Academician Bobojon Gafurov"
Mirzosharipova Nargisa,
Lecturer of the Department of Persian-Chinese Languages, SEI "Khujand State University named after Academician Bobojon Gafurov"

A METHODOLOGY FOR USING COMPREHENSIVE TRANSLATION ASSIGNMENTS TO DEVELOP STUDENTS' PROFESSIONAL TRANSLATION COMPETENCE

This article examines the typological characteristics of comprehensive translation assignments aimed at developing students' lexical, grammatical, and pragmatic competencies. Various types of exercises are analyzed, including back-translation, parallel text analysis, translation commentary, transformation tasks, and corpus-based assignments. Their effectiveness in developing professional translation competence is substantiated.

Keywords:

methodological model, integrating assignments, educational process, typological characteristics, comprehensive translation assignments.

Современная теория перевода рассматривает переводческую компетенцию как многоуровневую и динамически развивающуюся систему, включающую языковую, текстовую, культурную, когнитивную и стратегическую составляющие. В рамках функционально-коммуникативного и когнитивного подходов перевод понимается не как механическая замена языковых единиц, а как сложный процесс межязыковой и межкультурной реконструкции смысла, требующий от переводчика умения учитывать контекст, коммуникативную цель и прагматическую направленность текста [1, с. 45–48].

Особое значение в современных исследованиях приобретает идея о том, что переводческая

компетенция формируется не только через усвоение теоретических знаний, но и через систематическую практическую деятельность, направленную на развитие навыков анализа текста, выявления переводческих трудностей и выбора адекватных трансформационных стратегий. В этой связи важную роль играют такие механизмы, как лексико-семантические преобразования, синтаксические перестройки, а также прагматическая адаптация текста к условиям принимающей культуры [2, с. 112–115].

В условиях глобализации, интенсификации международного сотрудничества и расширения межкультурной коммуникации особую актуальность приобретает развитие у студентов способности к адекватному и функционально эквивалентному переводу. Это предполагает не только владение языковыми средствами, но и сформированное умение интерпретировать скрытые смыслы, имплицитную информацию, а также культурно обусловленные элементы исходного текста [3, с. 67–70].

В связи с этим возникает необходимость внедрения в учебный процесс комплексных, многоуровневых и профессионально ориентированных заданий, моделирующих реальные переводческие ситуации. К таким заданиям относятся упражнения на трансформационный анализ, обратный перевод (*back-translation*), сопоставительный анализ параллельных текстов, написание переводческого комментария, а также задания, основанные на корпусной лингвистике и оценке машинного перевода.

Использование подобных заданий позволяет не только развивать языковую и текстовую компетенцию студентов, но и формировать у них критическое мышление, профессиональную рефлексию и способность к обоснованному выбору переводческих решений. Таким образом, обучение переводу приобретает более практико-ориентированный и исследовательский характер, что соответствует современным требованиям подготовки специалистов в области межкультурной коммуникации и переводоведения [4, с. 98–101].

Переводческая компетенция в современной лингвистике и переводоведении определяется как комплексная способность осуществлять межъязыковую трансформацию текста с сохранением его семантической, прагматической и стилистической целостности. Она включает не только владение лексико-грамматическими средствами двух языков, но и умение интерпретировать текст в широком культурно-коммуникативном контексте, учитывая его функциональную направленность, адресата и коммуникативную ситуацию.

Согласно функционально-коммуникативному подходу, перевод рассматривается не как механическая замена языковых единиц, а как процесс вторичного текстопорождения, при котором осуществляется реконструкция смысла исходного сообщения в условиях другой языковой системы. При этом ключевым становится принцип функциональной эквивалентности, предполагающий достижение аналогичного коммуникативного эффекта в тексте перевода, даже при изменении формальной структуры исходного высказывания [2, с. 112].

Данные трансформации позволяют адаптировать структуру исходного текста к нормам и узусу целевого языка, сохраняя при этом его семантическое ядро. Их использование обусловлено системными различиями языков, а также различиями в способах выражения логических, временных и причинно-следственных отношений.

Именно на основе указанных трансформационных механизмов строятся современные практико-ориентированные задания по переводу, направленные на формирование у студентов устойчивых профессиональных навыков. Такие задания способствуют развитию умения анализировать текст, выявлять потенциальные переводческие трудности и выбирать оптимальные стратегии их преодоления, что в конечном итоге обеспечивает формирование полноценной переводческой

компетенции в условиях профессиональной деятельности [3, с. 67–69].

На основе анализа учебных материалов можно выделить несколько ключевых типов заданий.

1. Задания на трансформационный анализ

К ним относятся упражнения, требующие идентификации и применения переводческих трансформаций (transposition, modulation, addition, omission).

Например, студентам предлагается определить изменения структуры предложения при переводе: Although the weather was cold, they continued their journey.

Такие задания развивают способность к структурно-семантическому анализу текста и формируют навык осознанного выбора переводческой стратегии [4, с. 98].

2. Back-translation tasks (обратный перевод)

Данный тип заданий предполагает перевод текста на целевой язык с последующим обратным переводом на исходный язык. Это позволяет выявить семантические потери и изменения структуры.

Основные задачи:

- выявление смысловых искажений;
- анализ переводческих сдвигов;
- сравнение исходного и итогового текста.

Эффективность данного метода подтверждается исследованиями в области когнитивной лингвистики [5, с. 33–36].

3. Parallel text analysis

Задания данного типа направлены на сопоставление оригинала и перевода с целью выявления:

- добавлений;
- опущений;
- структурных изменений;
- степени эквивалентности.

Этот тип упражнений особенно эффективен при работе с художественными и публицистическими текстами, поскольку позволяет развивать критическое мышление переводчика [6, с. 51].

4. Translation commentary writing

Студенты выполняют перевод текста и сопровождают его аналитическим комментарием, включающим:

- переводческие трудности;
- трансформации;
- проблемы эквивалентности;
- стилистические решения.

Такой формат способствует развитию метаязыкового мышления и профессиональной рефлексии [7, с. 120].

5. Multiple translation variants

Задание предполагает создание нескольких вариантов перевода одного текста:

- буквального;
- семантического;
- коммуникативного.

Сравнение вариантов позволяет выявить влияние стратегии перевода на конечный результат и развивает способность к выбору оптимального решения [8, с. 74–76].

6. Corpus-based translation tasks

Использование корпусов и словарей позволяет студентам:

- выявлять частотность употребления терминов;
- выбирать наиболее адекватные эквиваленты;
- анализировать контекстуальные значения.

Данный тип заданий соответствует современным тенденциям цифровой лингвистики [9, с. 88].

7. Machine translation evaluation tasks

Сравнение машинного и человеческого перевода позволяет:

- выявлять типичные ошибки машинного перевода;
- классифицировать ошибки (лексические, грамматические, прагматические);
- улучшать итоговый текст.

Эти задания формируют критическое отношение к автоматическим системам перевода [10, с. 102–105].

Комплексное использование описанных типов заданий обеспечивает:

- развитие переводческой гибкости;
- формирование стратегической компетенции;
- улучшение навыков анализа текста;
- развитие межкультурной осведомлённости;
- повышение качества профессионального перевода.

Таким образом, предложенная система заданий может рассматриваться как методически обоснованный инструмент повышения качества подготовки студентов-переводчиков, ориентированный на формирование устойчивых профессиональных компетенций и обеспечение их готовности к решению широкого спектра переводческих задач в реальной коммуникативной

Список использованной литературы:

1. Комиссаров В. Н. Теория перевода (лингвистические аспекты). — М.: Высшая школа, 1990. — 253 с.
2. Швейцер А. Д. Теория перевода: статус, проблемы, аспекты. — М.: Наука, 1988. — 215 с.
3. Бархударов Л. С. Язык и перевод. — М.: Международные отношения, 1975. — 240 с.
4. Catford J. C. A Linguistic Theory of Translation. — Oxford: Oxford University Press, 1965. — 103 p.
5. Newmark P. A Textbook of Translation. — London: Prentice Hall, 1988. — 292 p.
6. House J. Translation Quality Assessment. — Tübingen: Gunter Narr, 1997. — 257 p.
7. Baker M. In Other Words: A Coursebook on Translation. — London: Routledge, 2011. — 352 p.
8. Nida E. A., Taber C. R. The Theory and Practice of Translation. — Leiden: Brill, 1969. — 220 p.
9. Laviosa S. Corpus-based Translation Studies. — Amsterdam: Rodopi, 2002. — 198 p.
10. Kenny D. Lexis and Creativity in Translation. — Manchester: St. Jerome Publishing, 2001. — 189 p.

©Рашидова Д.А., Мирзошарипова Н., 2026

Рашидова Дилафруз Абдукаюмовна,
к.ф.н., доцент кафедры английского языка ГОУ «ХГУ им. акад. Б.Гафурова»
Ахмедова Азиза Хуршедджонова,
преподаватель кафедры персидско-китайского языка ГОУ «ХГУ им. акад. Б. Гафурова»

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

В статье рассматриваются теоретические основы системы оценивания в обучении иностранному

языку. Анализируются сущность, виды и принципы оценивания, а также роль рубрик как инструмента повышения объективности и прозрачности образовательного процесса. Подчеркивается, что современное оценивание выходит за рамки традиционного контроля знаний и становится важным компонентом обучения и развития компетенций обучающихся.

Ключевые слова:

оценивание, формативное оценивание, компетенции, рубрика, тестирование, образовательный процесс.

Rashidova Dilafuz Abdukayumovna,

Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, English Language Department,
SEI "Khujand State University named after Academician Bobojon Gafurov"

Akhmedova Aziza Khurshedjonovan,

Lecturer of the Department of Persian-Chinese Languages,
SEI "Khujand State University named after Academician Bobojon Gafurov"

THEORETICAL BASIS OF THE ASSESSMENT SYSTEM IN FOREIGN LANGUAGE TEACHING

The article examines the theoretical foundations of the assessment system in foreign language teaching. It analyzes the nature, types, and principles of assessment, as well as the role of rubrics as a tool for improving the objectivity and transparency of the educational process. It is emphasized that modern assessment goes beyond traditional knowledge testing and becomes an essential component of teaching and the development of learners' competencies.

Keywords:

assessment, formative assessment, competencies, rubric, testing, educational process.

Современные образовательные системы характеризуются переходом от знание центрической модели обучения к компетентностно-ориентированному подходу, при котором основной акцент делается не на простом усвоении информации, а на формировании у обучающихся устойчивых умений и навыков их практического применения в реальных коммуникативных ситуациях. В этих условиях оценивание приобретает не только контрольную, но и развивающую, мотивационную и диагностическую функции, выступая важным инструментом управления учебным процессом и повышения качества образования в целом [1, с. 32].

Особое значение проблема оценивания приобретает в обучении иностранным языкам, где результаты обучения носят комплексный характер и включают развитие четырёх основных видов речевой деятельности: чтения, аудирования, письма и говорения. Традиционные формы контроля, ориентированные преимущественно на проверку знаний, не всегда позволяют в полной мере отразить уровень сформированности коммуникативной компетенции обучающихся, что требует пересмотра существующих подходов к оцениванию.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения объективности, прозрачности и эффективности оценивания в обучении иностранным языкам, а также внедрения современных критериев и инструментов оценки, соответствующих международным образовательным стандартам. В условиях модернизации системы образования особую значимость приобретает использование компетентностных, формативных и альтернативных подходов к оцениванию, позволяющих учитывать индивидуальные особенности обучающихся и обеспечивать непрерывное развитие их учебных достижений.

Кроме того, актуальность работы усиливается активным внедрением цифровых технологий и элементов искусственного интеллекта в образовательный процесс, что открывает новые возможности для автоматизации оценивания, повышения его точности и обеспечения оперативной обратной связи. В связи с этим возникает необходимость научного осмысления современных подходов к оцениванию и их адаптации к условиям национальной системы образования.

Таким образом, исследование современных подходов к оцениванию в обучении иностранным языкам представляет собой важную научно-практическую задачу, направленную на совершенствование образовательного процесса и повышение качества подготовки обучающихся.

В отличие от тестирования, которое представляет собой лишь инструмент стандартизированного измерения уровня знаний и умений обучающихся, оценивание охватывает значительно более широкий спектр образовательных действий, включая наблюдение, анализ учебной деятельности, формирование обратной связи и принятие педагогических решений [2, с. 18]. Таким образом, тестирование является лишь одним из частных инструментов в общей системе оценивания.

Современная педагогическая наука рассматривает оценивание как многофункциональный процесс, выполняющий ряд взаимосвязанных функций. К числу ключевых относятся диагностическая, формативная и суммативная функции. Диагностическая функция позволяет выявить исходный уровень подготовки обучающихся, определить их образовательные потребности и скорректировать содержание обучения. Формативная функция направлена на сопровождение учебного процесса и обеспечение непрерывной обратной связи, способствующей улучшению результатов обучения в процессе их достижения. Суммативная функция обеспечивает итоговую оценку учебных достижений по завершении определённого этапа обучения [3, с. 54].

Кроме того, в современной педагогике всё большее значение приобретает развивающая функция оценивания, которая заключается в стимулировании учебной мотивации, формировании навыков самооценки и развитии ответственности обучающихся за результаты собственного обучения. Таким образом, оценивание выступает не только как инструмент контроля, но и как важный механизм управления качеством образования и личностного развития обучающихся.

Формативное оценивание (formative assessment) направлено на поддержку и сопровождение процесса обучения. Его основная цель заключается не в выставлении итоговой оценки, а в обеспечении постоянной обратной связи между преподавателем и обучающимся. Благодаря этому обучающиеся получают возможность своевременно корректировать свои учебные действия, а преподаватель — адаптировать методы и содержание обучения в зависимости от выявленных трудностей [3, с. 54–56]. Формативное оценивание способствует развитию метакогнитивных навыков, повышению учебной мотивации и формированию самостоятельности обучающихся.

Суммативное оценивание (summative assessment) применяется для подведения итогов обучения по завершении определённого учебного периода, модуля или курса. Оно направлено на определение уровня достижения образовательных результатов и обычно выражается в виде баллов, оценок или сертификатов [4, с. 67–69]. Данный вид оценивания играет ключевую роль в системе контроля качества образования, однако его ограничением является недостаточная ориентация на процесс обучения, поскольку оно фиксирует уже достигнутый результат, а не динамику его формирования.

Диагностическое оценивание (diagnostic assessment) используется на начальном этапе обучения и служит для выявления исходного уровня знаний, умений и навыков обучающихся. Оно позволяет определить сильные и слабые стороны подготовки, а также спрогнозировать возможные трудности в процессе дальнейшего обучения [5, с. 21–23]. На основе результатов диагностического оценивания преподаватель может корректировать учебную программу, выбирать соответствующие

методы обучения и индивидуализировать образовательный процесс.

Таким образом, анализ основных видов оценивания показывает, что современная педагогическая система требует их комплексного применения. Только интеграция формативного, суммативного и диагностического оценивания позволяет обеспечить непрерывность образовательного процесса, повысить его эффективность и ориентировать обучение на достижение устойчивых образовательных результатов.

Одним из ключевых принципов является **валидность** (validity), которая отражает степень соответствия используемых оценочных инструментов целям и содержанию обучения. Иными словами, оценивание считается валидным в том случае, если оно действительно измеряет те компетенции, которые заявлены в образовательных результатах [6, с. 44–46]. Нарушение валидности приводит к искажению результатов и снижению педагогической ценности оценки.

Не менее важным является принцип **надёжности** (reliability), который предполагает стабильность и воспроизводимость результатов оценивания при повторном применении одинаковых или эквивалентных инструментов. Высокая надёжность обеспечивает минимизацию случайных ошибок измерения и повышает доверие к результатам оценивания со стороны всех участников образовательного процесса.

Принцип **объективности** направлен на снижение влияния субъективного фактора преподавателя при выставлении оценок. Он предполагает использование чётко разработанных критериев, рубрик и шкал оценивания, позволяющих стандартизировать процесс принятия решений. Реализация данного принципа особенно важна при оценке продуктивных видов речевой деятельности, где традиционно высок риск субъективной интерпретации результатов.

Прозрачность (transparency) оценивания означает, что критерии, процедуры и ожидаемые результаты должны быть заранее известны и понятны обучающимся. Данный принцип способствует повышению доверия к системе оценивания, снижению тревожности обучающихся и формированию у них осознанного отношения к учебным достижениям.

Принцип **аутентичности** (authenticity) предполагает использование заданий, максимально приближённых к реальным коммуникативным ситуациям. В контексте обучения иностранным языкам это означает включение в оценочные задания реальных речевых задач, моделирующих естественные условия общения [7, с. 59–61]. Аутентичное оценивание способствует формированию функциональной языковой компетенции и повышает практическую значимость обучения.

Основной функцией рубрик является обеспечение **объективности и стандартизации оценивания**, поскольку они минимизируют влияние субъективного мнения преподавателя и позволяют применять единые критерии к различным работам обучающихся. Благодаря этому повышается сопоставимость результатов и укрепляется доверие к системе оценивания со стороны всех участников образовательного процесса [8, с. 73–75].

Важным преимуществом рубрик является их **дидактическая функция**. Они заранее определяют требования к качеству выполнения задания, что позволяет обучающимся чётко понимать, какие именно показатели будут оцениваться и какие уровни достижения существуют. Это способствует повышению осознанности учебной деятельности, снижению неопределённости и формированию ориентиров для достижения более высоких результатов.

Кроме того, использование рубрик активно способствует развитию **навыков самооценки и рефлексии**. Обучающиеся получают возможность самостоятельно анализировать собственные достижения, сопоставлять их с заданными критериями и выявлять области, требующие улучшения. Таким образом, рубрика становится не только инструментом контроля, но и средством обучения, что полностью соответствует принципам компетентного подхода в современном образовании.

Таким образом, проведённый теоретический анализ свидетельствует о том, что система оценивания в обучении иностранному языку представляет собой комплексный и многофункциональный процесс, направленный не только на фиксацию учебных результатов, но и на их интерпретацию и последующее развитие. Современные научные подходы подчёркивают приоритет формативной функции оценивания, а также значимость его прозрачности, аутентичности и методической обоснованности. Особое внимание уделяется применению структурированных оценочных инструментов, в частности рубрик, обеспечивающих системность, объективность и педагогическую целесообразность процесса оценивания.

Список использованной литературы:

1. Brown H. D. *Language Assessment: Principles and Classroom Practices*. – New York: Pearson Education, 2004. – 312 p.
2. Hughes A. *Testing for Language Teachers*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1989. – 176 p.
3. Black P., Wiliam D. *Assessment and Classroom Learning // Assessment in Education*. – 2009. – Vol. 5(1). – P. 7–74.
4. Harmer J. *The Practice of English Language Teaching*. – London: Longman, 2007. – 448 p.
5. Richards J. C., Schmidt R. *Longman Dictionary of Language Teaching and Applied Linguistics*. – London: Longman, 2010. – 650 p.
6. Bachman L., Palmer A. *Language Testing in Practice*. – Oxford: Oxford University Press, 1996. – 377 p.
7. Council of Europe. *Common European Framework of Reference for Languages*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2001. – 260 p.
8. Brookhart S. M. *How to Create and Use Rubrics for Formative Assessment*. – Alexandria: ASCD, 2013. – 120 p.

© Рашидова Д.А., Ахмедова А.Х., 2026



МЕДИЦИНА

УДК 611.44

Абдалов Байназар Шыхназарович

Преподаватель кафедры «Анатомии человека,
топографической анатомии и оперативной хирургии»,
Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева
Туркменистан, Ашхабад

КЛИНИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ СИНОАТРИАЛЬНОЙ ЗОНЫ СЕРДЦА И ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКИХ ДОСТУПОВ ПРИ МИНИИНВАЗИВНОЙ КОРРЕКЦИИ АРИТМИЙ

Аннотация

В статье представлено клинико-анатомическое обоснование топографии синоатриальной зоны сердца и разработанных на ее основе хирургических доступов, применяемых при миниинвазивной коррекции нарушений сердечного ритма. На основе детального анализа макро-микроскопического строения правого предсердия описана пространственная локализация синоатриального узла, особенности его кровоснабжения из одноименной артерии, а также взаимоотношения с пограничным гребнем, ушком правого предсердия и устьем верхней поллой вены.

Ключевые слова:

синоатриальная зона, клиническая анатомия, синусовый узел,
миниинвазивная хирургия, нарушения ритма сердца.

Развитие интервенционной кардиологии и сердечно-сосудистой хирургии в последние десятилетия сместило фокус лечения тахиаритмий, в частности фибрилляции предсердий, в сторону миниинвазивных вмешательств. Эндovasкулярная катетерная деструкция и видеоторакоскопическая радиочастотная абляция стали высокоэффективными альтернативами открытым операциям на открытом сердце. Основная задача таких вмешательств заключается в создании линий электрической изоляции патологических путей проведения импульса при максимальном сохранении жизнеспособности здорового миокарда и элементов проводящей системы.

Среди всех структур автоматизма сердца синоатриальная зона имеет определяющее значение, поскольку именно здесь генерируется нормальный синусовый ритм. Анатомическая близость этой зоны к устьям легочных и полых вен, которые традиционно служат мишенями для антиаритмической изоляции, создает постоянную угрозу непреднамеренного повреждения пейсмейкерных клеток. В условиях отсутствия прямого визуального контроля, характерного для миниинвазивной хирургии, знание топографических ориентиров и индивидуальной изменчивости синоатриального комплекса становится главным условием безопасности пациента.

Анатомо-топографическая структура синоатриальной зоны

Синоатриальная зона топографически приурочена к правому предсердию и ограничена устьем верхней поллой вены, основанием ушка правого предсердия и пограничным гребнем. Сам синоатриальный узел (узел Кис-Флака) представляет собой веретенообразную или полулунную структуру, расположенную субэпикардially в терминальной борозде ($\$sulcus \ terminalis\$$). Эта борозда является внешним отражением пограничного гребня ($\$Crista \ terminalis\$$), разделяющего гладкостенную синусовую часть предсердия и его гребенчатую мышцу.

Макроскопические размеры узла варьибельны, однако его пространственная ориентация относительно устья верхней поллой вены имеет решающее значение. Головка узла обычно располагается непосредственно под эпикардом в месте соединения правого края верхней поллой вены

и ушка правого предсердия. Тело и хвост узла спускаются вертикально вниз вдоль терминальной борозды по направлению к нижней полой вене, постепенно погружаясь в толщу миокарда. Глубина залегания узла делает его уязвимым как при трансмуральном термическом воздействии со стороны эпикарда, так и при глубокой эндокардиальной аблации.

Вариантная анатомия артерии синоатриального узла

Безопасность хирургических доступов в синоатриальной зоне напрямую зависит от сохранности ее артериального русла. Артерия синоатриального узла является одной из самых крупных предсердных ветвей, и ее повреждение приводит к ишемическому инфаркту узла с последующим развитием синдрома слабости синусового узла. Анатомическая архитектура этой артерии характеризуется крайней изменчивостью.

Примерно в шестидесяти процентах случаев артерия синоатриального узла отходит от начального отдела правой коронарной артерии. Она направляется медиально и вверх по передней стенке правого предсердия под ушком, огибая устье верхней полой вены. В сорока процентах случаев источником кровоснабжения выступает огибающая ветвь левой коронарной артерии. В этом случае сосуд пересекает межпредсердную перегородку и крышу левого предсердия, достигая синоатриальной зоны сзади.

Хирургическая классификация выделяет три основных варианта охвата устья верхней полой вены артерией синусового узла: переднее огибание, заднее огибание и циркулярное разветвление. При переднем огибании артерия проходит в непосредственной близости от переднемедиальной стенки основания ушка правого предсердия. При заднем варианте сосуд ложится в жировую клетчатку между устьем вены и крышей левого предсердия. Знание этих вариантов критически важно при наложении зажимов-деструкторов и проведении линий эпикардиальной аблации, так как слепая коагуляция в этих проекциях неизбежно вызывает окклюзию питающего сосуда.

Топографическое обоснование эндокардиальных катетерных доступов

При выполнении эндоваскулярных процедур, таких как изоляция устьев легочных вен или катетерная аблация кавотрикуспидального истмуса, доступ к синоатриальной зоне осуществляется транссептально или через нижнюю полую вену. Эндокардиальным ориентиром синоатриального узла служит пограничный гребень, хорошо визуализируемый с помощью внутрисердечного ультразвукового исследования и систем трехмерного электроанатомического картирования.

Критическая зона при эндокардиальных вмешательствах локализуется в области верхнего сегмента пограничного гребня. При картировании правого предсердия катетер может оказывать механическое давление на головку узла, вызывая преходящую блокаду выхода импульса. При выполнении линейной аблации по поводу трепетания предсердий правая верхняя граница воздействий должна заканчиваться строго кпереди от терминальной борозды. Направление вектора аппликации энергии должно быть параллельно гребню, но смещено медиально, в сторону гладкой стенки предсердия, что создает анатомический буфер и предотвращает тепловое повреждение основного массива пейсмейкерных клеток.

Анатомические критерии безопасности торакоскопической аблации

Миниинвазивная эпикардиальная аблация, выполняемая через торакоскопические порты, ставит перед хирургом задачу изоляции задней стенки левого предсердия (так называемого «бокса») и устьев легочных вен. Правосторонний торакоскопический доступ требует прохождения инструментов в опасной близости от синоатриальной зоны правого предсердия.

Основным анатомическим ориентиром на эпикарде служит межпредсердная борозда (борозда Ватерстона-Гровса), которая разделяет правое предсердие и устья правых легочных вен. Для безопасного проведения охватывающего зажима-аблятора хирург должен выполнить тупую

диссекцию клетчатки именно в этой борозде. Смещение вектора диссекции кпереди, на стенку правого предсердия, приводит к прямой травме хвоста синоатриального узла.

Особую осторожность необходимо соблюдать при манипуляциях в области верхней правой легочной вены. Латеральный край этой зоны вплотную прилежит к задней стенке устья верхней поллой вены, где проходит артерия синусового узла при ее заднем варианте отхождения. Наложение эпикардиальных электродов для интраоперационного картирования в этой области должно осуществляться строго латеральнее терминальной борозды, на безопасном расстоянии от места соединения ушка и верхней поллой вены.

Заключение

Успешная миниинвазивная и интервенционная коррекция сердечных аритмий неразрывно связана с соблюдением топографо-анатомических критериев безопасности в синоатриальной области. Высокая индивидуальная вариабельность расположения тела синоатриального узла и архитектоники его питающей артерии исключает использование стандартных шаблонных схем деструкции. Основными ориентирами, определяющими безопасные траектории хирургических доступов, служат терминальная борозда на эпикарде и пограничный гребень на эндокарде.

Список использованной литературы:

1. Михайлов С.С. Клиническая анатомия сердца. — Москва: Медицина, 1987. — 288 с.
2. Ревшвили А.Ш. Интервенционное лечение фибрилляции предсердий: современное состояние проблемы // Вестник аритмологии. — 2010. — № 60. — С. 5–12.
3. James T.N. Anatomy of the human sinoatrial node // Anatomical Record. — 1961. — Vol. 141, No. 2. — P. 109–139.
4. Cox J.L. The surgical treatment of atrial fibrillation. IV. Surgical technique // Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. — 1991. — Vol. 101, No. 4. — P. 584–592.

© Абдалов Б.Ш., 2026

УДК 611.714

Абдалов Байназар Шыхназарович

Преподаватель кафедры «Анатомии человека,
топографической анатомии и оперативной хирургии»,
Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева
Туркменистан, Ашхабад

КРАНИОМЕТРИЧЕСКОЕ И ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДОСТУПОВ К СТРУКТУРАМ ЗАДНЕЙ ЧЕРЕПНОЙ ЯМКИ

Аннотация

В статье представлено краниометрическое и топографо-анатомическое обоснование выбора оптимальных траекторий хирургических доступов к патологическим очагам и анатомическим структурам задней черепной ямки. На основе детального анализа антропометрических параметров затылочной кости, сосцевидных отростков и наружного затылочного выступа определены постоянные костные ориентиры для выполнения субэоципитальных, ретросигмовидных и транслабиринтных доступов. Особое внимание уделено пространственной проекции синусно-дурального угла,

поперечного и сигмовидного венозных синусов, а также ходу позвоночной артерии в ее атланто-окципитальном сегменте.

Ключевые слова:

задняя черепная ямка, краниометрия, топографическая анатомия, нейрохирургические доступы, венозные синусы.

Задняя черепная ямка является наиболее глубоким и замкнутым анатомическим вместилищем полости черепа. Ограниченная сверху наметом мозжечка, спереди — скатом затылочной кости и спинкой турецкого седла, а сзади и снизу — чешуей затылочной кости, эта область вмещает в себя продолговатый мозг, мост, мозжечок и проходящие здесь проводящие пути. Патологические процессы данной локализации (опухоли мостомозжечкового угла, аневризмы вертебробазиллярного бассейна, мальформация Киари) быстро приводят к окклюзионной гидроцефалии и дислокации ствола мозга, что требует своевременного и безопасного хирургического пособия.

Развитие микронеурологии и эндоскопической ассистенции коренным образом изменило подходы к трепанации черепа. Современный принцип «замочной скважины» (*keyhole \ surgery*) диктует необходимость выполнения минимально достаточных костных резекций. В этих условиях традиционный широкий обзор заменяется прецизионным угловым вектором атаки, который должен быть рассчитан до миллиметра на основе индивидуальных краниометрических параметров пациента.

Краниометрические ориентиры венозных синусов

Главным лимитирующим фактором и основным источником опасности при формировании доступов к задней черепной ямке являются венозные коллекторы твердой мозговой оболочки, а именно поперечный и сигмовидный синусы. Их случайное повреждение чревато массивным, трудноконтролируемым кровотечением, воздушной эмболией или последующим тромбозом, ведущим к ишемическому инфаркту мозжечка. Для безопасного наложения фрезевых отверстий нейрохирургу необходимы постоянные наружные костные ориентиры, проецирующие ход этих сосудов на поверхность чешуи затылочной кости и сосцевидного отростка.

Основной точкой отсчета служит наружный затылочный выступ (*inion*). Линия, соединяющая инион с верхним краем наружного слухового прохода (базиематальная линия), в большинстве случаев соответствует проекции поперечного синуса. Местом перехода поперечного синуса в сигмовидный является синусно-дуральный угол, проекция которого на наружную поверхность черепа совпадает с астрионом — точкой соединения ламбдовидного, затылочно-сосцевидного и теменно-сосцевидного швов.

Краниометрические исследования показывают, что астрион не всегда стабилен и может смещаться, однако в восьмидесяти процентах случаев он располагается непосредственно над проекцией просвета синуса или у его верхнего края. Дополнительным ориентиром для верификации хода сигмовидного синуса служит сосцевидный гребень и сосцевидное отверстие, через которое проходит вена-выпускник (*v. \ emissaria \ mastoidea*). Наложение первого фрезевого отверстия сзади и книзу от астриона позволяет обнажить твердую мозговую оболочку затылочной доли и мозжечка, избегая прямой перфорации синусового колена.

Топографо-анатомическое обоснование ретросигмовидного доступа

Ретросигмовидный доступ является универсальным подходом к структурам мостомозжечкового угла, внутреннему слуховому проходу и латеральным отделам моста. Этот коридор незаменим при удалении вестибулярных шванном (акустических невриномах) и выполнении микроваскулярной декомпрессии при невралгии тройничного нерва.

Анатомические границы костного окна при ретросигмовидном доступе строго лимитированы:

сверху — нижним краем поперечного синуса, спереди — задним краем сигмовидного синуса. Хирургический вектор направлен вдоль задней грани каменистой части височной кости. Прецизионность манипуляций в этой зоне требует раскрытия мостомозжечковой цистерны и эвакуации спинномозговой жидкости, что приводит к гравитационному спадению полушария мозжечка и открывает глубокий анатомический коридор без грубого механического шпательного давления на нервную ткань.

Внутри самого мостомозжечкового угла структуры располагаются в виде анатомических этажей. На верхнем этаже залегает тройничный нерв (V пара), окруженный петлями верхней мозжечковой артерии. Средний этаж занимают лицевой (VII пара) и преддверно-улитковый ($VIII$ пара) нервы, направляющиеся во внутреннее слуховое проход, где их тесное прилегание к передней нижней мозжечковой артерии требует деликатной диссекции. Нижний этаж сформирован каудальной группой черепных нервов (языкоглоточный, блуждающий и добавочный нервы), проходящих к яремному отверстию. Траектория инструмента при ретросигмовидном подходе параллельна ходу этих нервных стволов, что снижает риск их тракционного повреждения.

Срединный и парамедианный субэоципитальные доступы

Для визуализации червя мозжечка, четвертого желудочка, продолговатого мозга и дорсальной поверхности черепно-verteбрального стыка применяются срединный (медианный) и парамедианный субэоципитальные доступы.

Срединный субэоципитальный доступ формируется путем резекции чешуи затылочной кости книзу от проекции поперечного синуса и включает, при необходимости, заднюю полудугу первого шейного позвонка (атланта). Главным топографическим критерием безопасности на этапе мягкотканной диссекции является строгое удержание линии разреза по срединной белой линии шеи ($linea\ alba$). Смещение скальпеля в латеральную сторону приводит к повреждению затылочных артерий и глубоких мышц шеи, сопровождающемуся обильным кровотечением из мышечных венозных сплетений.

Парамедианный доступ предполагает смещение костного окна латерально от срединной линии по направлению к затылочному мыщелку. В этой зоне критической анатомической структурой выступает позвоночная артерия ($a.\ vertebralis$). Выходя из отверстия поперечного отростка атланта, артерия ложится в одноименную борозду на его задней дуге, формируя изгиб, после чего прободает заднюю атлanto-оципитальную мембрану и твердую мозговую оболочку. Безопасный коридор парамедианного доступа ограничен медиально краем большого затылочного отверстия, а латерально — зоной, лежащей на полтора сантиметра медиальнее суставного отростка, что позволяет обойти петлю позвоночной артерии и избежать ее критического спазма или ранения.

Заключение

Индивидуальный выбор и анатомическое обоснование траекторий хирургических подходов к структурам задней черепной ямки составляют основу современной прецизионной нейрохирургии. Использование стабильных краниометрических ориентиров, таких как ионион, астрион и базиомеатальная линия, позволяет с высокой точностью проецировать границы венозных синусов и формировать минимально достаточные костные окна. Динамический учет послойной топографии мостомозжечкового угла и траектории позвоночной артерии на атлanto-оципитальном уровне обеспечивает защиту жизненно важных нервных и сосудистых стволов. Сочетание строгого соблюдения межфасциальных слоев диссекции с малоинвазивными концепциями позволяет минимизировать интраоперационную травму, исключить инвалидизирующие осложнения и гарантировать успешное функциональное восстановление пациентов.

Список использованной литературы:

1. Коновалов А. Н., Махмудов У. Б. Хирургия опухолей мостомозжечкового угла. — Москва: Медицина, 1989. — 296 с.
2. Крылов В. В. Микронеурхирургия. — Москва: Практическая медицина, 2011. — 432 с.
3. Фомин Н. Ф. Прикладная краниометрия в нейрохирургии задней черепной ямки // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. — 2004. — № 3. — С. 18–24.
4. Yasargil M. G. Microneurosurgery. Vol. 1: Microsurgical Anatomy of the Basal Cisterns. — Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1984. — 418 p.
5. Rhoton A. L. Jr. The posterior fossa veins // Neurosurgery. — 2000. — Vol. 47, No. 3 (Suppl). — P. 69–92.

© Абдалов Б.Ш., 2026

УДК 611.44

Аллабердиева Джейран Бердимырадовна

Преподаватель кафедры «Анатомии человека,
топографической анатомии и оперативной хирургии»,
Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева
Туркменистан, Ашхабад

**ВАРИАНТНАЯ ТОПОГРАФИЯ ВОЗВРАТНОГО ГОРТАННОГО НЕРВА И ОКОЛОЩИТОВИДНЫХ ЖЕЛЕЗ КАК
ФАКТОР РИСКА ПРИ ПОВТОРНЫХ ОПЕРАЦИЯХ НА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЕ****Аннотация**

В статье представлено анатомо-топографическое обоснование рисков ятрогенных повреждений при повторных операциях на щитовидной железе, обусловленных вариантной анатомией возвратного гортанного нерва и локализацией околощитовидных желез. На основе анализа хирургических доступов описаны особенности пространственного взаимоотношения нервного ствола с нижней щитовидной артерией, связкой Берри и капсулой железы в условиях измененной анатомии и выраженного рубцового процесса после первичного вмешательства.

Ключевые слова:

щитовидная железа, возвратный гортанный нерв, околощитовидных железы, вариантная анатомия.

Хирургическое лечение заболеваний щитовидной железы прочно занимает одно из ведущих мест в структуре оперативных вмешательств в эндокринной хирургии. Несмотря на совершенствование оперативной техники и появление новых энергетических девайсов, повторные операции на органах шеи остаются зоной повышенного хирургического риска. Частота повреждения возвратного гортанного нерва при первичных вмешательствах составляет в среднем около двух процентов, в то время как при реоперациях этот показатель возрастает в несколько раз. Аналогичная тенденция прослеживается и в отношении послеоперационного гипопаратиреоза, обусловленного случайным удалением или ишемией околощитовидных желез.

Основная сложность повторного вмешательства заключается в том, что первичное рассечение тканей и последующее заживление полностью разрушают естественные анатомические барьеры и фасциальные пространства. Внутри капсулы щитовидной железы и в претрахеальной клетчатке

формируется плотный фиброзный блок. В этих условиях интимно спаянные с рубцами нервы и железы крайне трудно дифференцировать от окружающей ткани, что делает знание их вариантной топографии и зон атипичного расположения жизнесберегающим фактором.

Вариантная анатомия и топография возвратного гортанного нерва

Возвратный гортанный нерв (n. \ laryngeus \ recurrens) в норме отходит от блуждающего нерва, огибает дугу аорты слева и подключичную артерию справа, после чего поднимается к гортани в трахеопищеводной борозде. Однако классический ход нерва встречается далеко не всегда. Существует выраженная лабильность пространственного расположения нервного ствола относительно дыхательной трубки. Нерв может смещаться кпереди от трахеи или, напротив, проходить глубоко кзади, за пищеводом, что дезориентирует хирурга при латеральной мобилизации остатков тиреоидной ткани.

Особое прикладное значение имеет топографическое перекрещивание возвратного нерва с ветвями нижней щитовидной артерии. Нерв может проходить кпереди от артериального ствола, между его концевыми ветвями или кзади от них. При повторной операции, когда требуется перевязка сосудов для остановки кровотечения или мобилизации рецидивной опухоли, слепое наложение зажимов в этой зоне недопустимо, так как нерв может быть включен в лигатуру или поврежден термически.

Наиболее опасной зоной фиксации нерва является связка Берри — плотный фасциальный тяж, прикрепляющий щитовидную железу к перстневидному хрящу и верхним кольцам трахеи. Здесь нерв истончается и проникает под нижний констриктор глотки. В этой точке нерв часто разделяется на внегортанные ветви (моторную и сенсорную) еще до входа в гортань. Повреждение даже одной из этих мелких ветвей в ходе выделения верхнего полюса остатка железы ведет к парезу голосовой складки.

Редкой, но крайне опасной аномалией является невозвратный гортанный нерв (n. \ laryngeus \ inferior \ non-recurrens), который встречается преимущественно на правой стороне и отходит от блуждающего нерва непосредственно на уровне шеи, направляясь к гортани горизонтально. При повторной операции такой нерв легко пересечь на этапе медиального смещения органов шеи, так как хирург не ожидает встретить крупную нервную структуру, идущую поперечно.

Варианты локализации и эктопии околощитовидных желез

Околощитовидные железы в количестве четырех штук обычно располагаются на задней поверхности долей щитовидной железы, вне ее собственной капсулы. Верхняя пара желез топографически более стабильна и локализуется у места пересечения возвратного нерва с нижней щитовидной артерией. Нижняя пара желез отличается высокой вариабельностью, поскольку эмбриологически закладывается вместе с тимусом и мигрирует на значительно большее расстояние.

При повторных операциях архитектура желез нарушается из-за смещения их рубцами. Нижние околощитовидные железы могут находиться у нижнего полюса, в толще тиреоидной ткани (интратиреоидное расположение), в составе брыжейки вилочковой железы или уходить глубоко в переднее средостение. Интратиреоидное расположение околощитовидных желез выявляется примерно в пяти процентах случаев. При удалении рецидивного зоба или выполнении радикальной тиреоидэктомии по поводу рака такие железы удаляются вместе с тканью щитовидной железы, что ведет к необратимому гипопаратиреозу, если не выполнена их аутотрансплантация.

Дополнительным фактором риска является нарушение кровоснабжения желез. Околощитовидные железы питаются из концевых ветвей нижней щитовидной артерии. Если при

первичной операции артерия была перевязана на протяжении, то жизнеспособность желез поддерживается за счет мелких коллатералей из сосудов трахеи и пищевода. Повторная препаровка тканей в этой зоне разрушает эти компенсаторные микрососуды, приводя к ишемии и некрозу паратиреоидной ткани даже при физическом сохранении самих желез.

Тактика безопасного ведения повторных операций

Учитывая высокие риски, обусловленные вариантной анатомией и рубцовыми изменениями, повторные вмешательства требуют изменения стандартной хирургической стратегии. Прежде всего, хирургический доступ должен быть расширен. Рассечение тканей целесообразно начинать вне зоны предыдущего операционного поля — выше или ниже старого рубца, в пределах неизменных анатомических слоев. Это позволяет сначала выделить неизменный ствол блуждающего нерва или общую сонную артерию, а затем продвигаться к пораженной зоне вдоль известных ориентиров.

Выделение возвратного гортанного нерва должно быть восходящим. Нерв идентифицируют в нижней третьей шеи, где рубцовый процесс обычно выражен меньше, и прослеживают его ход краниально до места входа в гортань. Мобилизация тканей должна выполняться исключительно острым путем (микроножницами или прецизионными биполярными пинцетами) без тракционного натяжения, так как вытяжение нерва, зафиксированного в рубцах, вызывает его необратимую аксонотмезис.

Для верификации околотщитовидных желез применяется техника их деликатного «скелетирования». При обнаружении структуры, похожей на околотщитовидную железу (имеющей характерный желтовато-коричневый цвет и дольчатое строение), ее бережно отделяют от капсулы удаляемого узла, сохраняя питающую сосудистую ножку. В случае вынужденного нарушения кровоснабжения железы или ее случайного удаления показана немедленная интраоперационная экспресс-биопсия для подтверждения структуры ткани с последующей реимплантацией (аутотрансплантацией) измельченной железы в толщу грудино-ключично-сосцевидной мышцы.

Заключение

Вариантная топография возвратного гортанного нерва и околотщитовидных желез в условиях деформированной анатомии малого таза шеи после первичных операций возводит реоперации на щитовидной железе в ранг вмешательств высшей категории сложности. Пренебрежение деталями изменчивости сосудисто-нервных взаимоотношений, атипичного ветвления и эктопии паратиреоидной ткани неизбежно ведет к тяжелой инвалидизации пациентов. Безопасность повторных операций базируется на строгом соблюдении принципов послойной диссекции из неизменных тканей, бережном отношении к микроциркуляторному руслу и широком использовании современных навигационных систем, таких как нейромониторинг и аутофлуоресцентная лимфография. Сочетание анатомических знаний с высокими технологиями позволяет сохранять функциональный статус гортани и паратиреоидный гомеостаз, обеспечивая полноценную реабилитацию пациентов.

Список использованной литературы:

1. Романчишен А.Ф. Хирургия щитовидной и околотщитовидных желез. — Санкт-Петербург: Вести, 2009. — 640 с.
2. Ванушко Э.Э., Фадеев В.В. Болезни щитовидной железы. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 432 с.
3. Бельцевич Д.Г., Кузнецов Н.С. Повторные операции на щитовидной железе: тактика и профилактика осложнений // Эндокринная хирургия. — 2011. — № 2. — С. 14–22.
4. Randolph G.W. Surgery of the Thyroid and Parathyroid Glands. — Philadelphia: Saunders, 2003. — 624 p.

© Аллабердиева Дж.Б., 2026

УДК 611.728

Аллабердиева Джейран Бердимырадовна
Преподаватель кафедры «Анатомии человека,
топографической анатомии и оперативной хирургии»,
Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева
Туркменистан, Ашхабад

АНАТОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПОРТОВ ПРИ АРТРОСКОПИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ НА КОЛЕННОМ СУСТАВЕ

Аннотация

В статье представлено анатомо-топографическое обоснование выбора оптимальных траекторий при формировании инструментальных и оптических портов для выполнения артроскопических вмешательств на коленном суставе. На основе детального анализа послойной анатомии передней и задней областей сустава описано пространственное расположение сосудисто-нервных структур, суставных сумок, связочного аппарата и менисков в контексте создания безопасных доступов.

Ключевые слова

коленный сустав, артроскопия, инструментальные порты, топографическая анатомия, хирургические доступы, ятрогенные повреждения, безопасные траектории.

Малоинвазивная хирургия коленного сустава за последние десятилетия достигла беспрецедентного уровня технологического развития. Переход от открытых артротомий к артроскопическим операциям позволил радикально снизить травматичность вмешательств, сократить сроки госпитализации и ускорить реабилитацию пациентов. Современная артроскопия позволяет выполнять сложные реконструктивные вмешательства на связочном аппарате, менисках и хрящевой ткани через точечные проколы кожи.

Однако минимизация хирургического доступа предъявляет повышенные требования к точности пространственного позиционирования инструментов. Ограниченный обзор и жесткая фиксация троакаров в мягких тканях создают риск ятрогенных повреждений как внутрисуставных структур, так и внесуставных анатомических образований. Неправильно выбранная траектория порта может привести к повреждению суставного хряща мышечков, разрыву менисков, а также к травматизации крупных нервных стволов и магистральных сосудов. В связи с этим прецизионное анатомо-топографическое обоснование траекторий инструментальных портов служит базовым критерием безопасности артроскопической хирургии.

Топографическая анатомия передней области коленного сустава и стандартные порты

Передняя область коленного сустава является основной зоной для формирования оптических и манипуляционных доступов. Главными ориентирами здесь служат надколенник, собственная связка надколенника, нижний его полюс и верхний край плато большеберцовой кости. Стандартный артроскопический комплекс включает переднелатеральный и переднемедиальный порталы, которые закладываются в так называемых мягких глазах колена — треугольных пространствах по бокам от связки надколенника.

Переднелатеральный порт признан основным оптическим доступом. Анатомически точка его введения располагается примерно на один сантиметр латеральнее наружного края собственной связки надколенника и на один сантиметр выше латерального суставного пространства. Траектория введения троакара должна быть направлена кнутри и кверху, в сторону межмышечковой вырезки.

Такое пространственное направление позволяет избежать повреждения переднего рога латерального мениска и предотвращает сдавление инструмента телом Гоффа — поднадколенниковой жировой подушкой, которая при некорректном наклоне может obturировать оптику.

Переднемедиальный порт формируется симметрично с внутренней стороны от связки надколенника и используется преимущественно как инструментальный. Его траектория ориентирована медиолатерально. Главной анатомической опасностью при формировании переднемедиального порта является инфрапателлярная ветвь подкожного нерва (\$n. \ saphenus\$). Данный нервный ствол проходит косо сверху вниз и кпереди в подкожной клетчатке медиальной области колена. Нарушение проекционных параметров и слишком низкое или медиальное введение скальпеля ведет к пересечению этой ветви, что клинически проявляется стойким онемением переднемедиальной поверхности голени или формированием болезненной невromы.

Верхние латеральный и медиальный доступы

Для ревизии верхнего заворота коленного сустава, оценки состояния суставной поверхности надколенника и выполнения латерального релиза используются верхнелатеральный и верхнемедиальный порты. Точки их формирования проецируются у верхних углов надколенника, на границе перехода в сухожилие четырехглавой мышцы плеча.

Верхнелатеральный порт закладывается на один сантиметр выше и латеральнее верхнего полюса надколенника. Инструмент проводится под углом в направлении полости верхнего заворота. С анатомической точки зрения этот доступ относительно безопасен, так как в этой зоне отсутствуют крупные сосуды и нервы, однако траектория должна строго контролироваться, чтобы не повредить сухожильное растяжение латеральной широкой мышцы бедра. Верхнемедиальный порт формируется реже, так как его траектория проходит вблизи нисходящей коленной артерии и медиального поддерживающего аппарата надколенника, что требует особой осторожности для предотвращения гемартроза в послеоперационном периоде.

Анатомические критерии формирования задних порталов

Необходимость ревизии задних отделов коленного сустава возникает при удалении свободных внутрисуставных тел, синовэктомии или пластике задней крестообразной связки. Задняя область коленного сустава, или подколенная ямка, является зоной экстремального хирургического риска из-за залегания магистрального сосудисто-нервного пучка, включающего подколенную артерию, подколенную вену и большеберцовый нерв.

Заднемедиальный порт формируется в треугольнике, ограниченном задним краем медиального мышелка бедра, сухожилием большой приводящей мышцы и краем медиального мениска. Для безопасного проведения инструмента сустав предварительно максимально заполняют жидкостью, что раздувает капсулу и отодвигает подколенный сосудистый пучок кзади. Троякар вводится при согнутом под углом девяносто градусов коленном суставе, направление движения инструмента должно быть строго параллельно задней поверхности мышелка бедра. Это позволяет пройти кпереди от сухожилий полуперепончатой и нежной мышц, не задевая подкожный нерв и большую подкожную вену.

Заднелатеральный порт располагается в пространстве между сухожилием двуглавой мышцы бедра и латеральной головкой икроножной мышцы, выше латерального мышелка. Основным анатомическим ориентиром, определяющим траекторию, здесь выступает общий малоберцовый нерв (\$n. \ peroneus \ communis\$). Нерв проходит медиальнее сухожилия двуглавой мышцы и огибает головку малоберцовой кости. Траектория заднелатерального порта должна быть направлена строго кпереди и медиально, в сторону межмышечковой зоны, проходя кпереди от латеральной головки икроножной мышцы, что позволяет обойти опасную зону прохождения малоберцового нерва.

Биомеханическое и функциональное обоснование портов

Выбор траектории порта имеет не только топографическое, но и биомеханическое значение.

Коленный сустав функционирует как сложный шарнирный механизм с переменной осью вращения. В процессе сгибания и разгибания взаимное расположение костных выступов и натяжение капсулы существенно меняются.

Проведение портов при разогнутом суставе сужает суставную щель, увеличивая риск механического повреждения хрящевого покрова мышечков наконечником троакара. Напротив, сгибание сустава до угла в девяносто градусов открывает доступ к задним отделам и смещает подколенный сосудистый пучок кзади на несколько миллиметров, увеличивая так называемый анатомический коридор безопасности. Хирург должен динамически изменять положение конечности на разных этапах операции для оптимизации траектории каждого порта.

Заключение

Анатомически обоснованный выбор траекторий и точек введения инструментальных портов является фундаментальным условием успешного выполнения артроскопии коленного сустава. Четкое позиционирование передних порталов относительно собственной связки надколенника и суставной щели большеберцовой кости позволяет избежать повреждения менисков и подкожных нервных ветвей. Формирование сложных задних доступов требует строгого соблюдения координатных ориентиров и положения сгибания конечности для защиты магистральных сосудов подколенной ямки.

Список использованной литературы:

1. Королев А.В. Развитие артроскопической хирургии коленного сустава // Травматология и ортопедия России. — 2012. — № 2. — С. 11–18.
2. Кузнецов И.А., Фомин Н.Ф. Топографическая анатомия коленного сустава в аспекте артроскопической хирургии // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. — 2005. — Т. 164, № 4. — С. 34–39.
3. Jackson R.W. The introduction of arthroscopy to the western world // Operative Techniques in Orthopaedics. — 1995. — Vol. 5, No. 1. — P. 2–6.
4. Gillquist J., Hagberg G. Findings at arthroscopy of the knee in patients with old injuries of the anterior cruciate ligament // Acta Orthopaedica Scandinavica. — 1978. — Vol. 49, No. 4. — P. 387–392.

© Аллабердиева Дж.Б., 2026

Аманова Селби,

Заведующий кафедрой медицинской экологии и гигиены.

Государственного медицинского Университета Туркменистана имени Мырата Гаррыева.

Ашхабад, Туркменистан.

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРАВИЛ НОШЕНИЯ ОДЕЖДЫ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Аннотация

В данной статье рассматриваются основные правила выбора и ношения одежды в летнее время года с точки зрения гигиены, физиологии и дерматологии. Анализируются такие факторы, как теплопроводность, воздухопроницаемость, влагоотводящие свойства материалов, а также влияние цвета и покроя одежды на терморегуляцию организма. Особое внимание уделяется профилактике перегрева, солнечных ожогов и кожных заболеваний. На основе современных научных данных формулируются практические рекомендации по подбору летнего гардероба для разных возрастных групп и уровней физической активности.

Ключевые слова:

летняя одежда, терморегуляция, гигиена одежды, натуральные ткани, защита от ультрафиолета, воздухопроницаемость, профилактика перегрева, хлопок, лён, водоотведение.

Введение

Летний период характеризуется высокими температурами окружающей среды, интенсивной солнечной радиацией и повышенным потоотделением. В этих условиях одежда перестаёт быть только средством защиты от внешних факторов и приобретает ключевое значение в поддержании теплового баланса организма. Неправильный выбор одежды может привести к перегреву (гипертермии), тепловому удару, обострению кожных заболеваний и снижению работоспособности. Цель данной работы — систематизировать научно обоснованные правила ношения одежды летом.

1. Физиологические основы выбора летней одежды

Терморегуляция человека осуществляется в основном через кожу. При температуре воздуха выше 25°C основным механизмом охлаждения становится испарение пота. Одежда не должна препятствовать этому процессу. Исследования показывают, что материалы с низкой воздухопроницаемостью (например, синтетические ткани сплошного плетения) могут увеличивать влажность под одеждой до 80–90%, что нарушает испарение и повышает риск перегрева.

Ключевые требования к летней ткани:

- Высокая воздухопроницаемость (не менее 100–200 дм³/м²с).
- Хорошая гигроскопичность (способность впитывать влагу).
- Быстрая отдача влаги во внешнюю среду.

2. Оптимальные материалы для летней одежды

Современные гигиенические рекомендации выделяют следующие наиболее подходящие ткани:

1. **Хлопок** – высокая воздухопроницаемость, мягкость, гипоаллергенность. Недостаток: медленно высыхает.
2. **Лён** – лучшая теплопроводность и вентиляция, антибактериальные свойства. Снижает потоотделение на 10–15% по сравнению с хлопком.
3. **Шерсть (меринос, тонкая)** – вопреки стереотипам, тонкая шерсть хорошо отводит влагу и подходит для жаркого сухого климата.
4. **Современные функциональные ткани (Coolmax, Dri-Fit и др.)** – созданы специально для активного потоотделения; быстро отводят влагу от тела.

Не рекомендуется: полиэстер, нейлон, акрил в чистом виде (особенно при температуре выше 30°C), так как они создают «парниковый эффект».

3. Влияние цвета и покроя

Цвет одежды влияет на отражение солнечной радиации:

- Белый и светлые тона отражают до 80–90% инфракрасного и ультрафиолетового излучения.
- Чёрный и тёмные цвета могут поглощать до 90% тепла, повышая температуру ткани на 15–20°C.

Что касается покроя, свободная одежда обеспечивает естественную вентиляцию (конвекцию) воздуха между тканью и кожей. Облегающие синтетические изделия, напротив, нарушают теплообмен.

4. Защита от ультрафиолета (UPF-фактор)

Для длительного пребывания на солнце рекомендуется одежда с UPF 30–50+. Это могут быть специальные ткани (например, с добавлением диоксида титана) или плотное плетение из натуральных волокон. Даже обычная белая хлопковая футболка имеет UPF около 5–10, что недостаточно для жарких стран.

5. Особые ситуации и рекомендации

• **Для детей:** предпочтительны светлые, свободные хлопчатобумажные комплекты с головным убором. Менять при намокании каждые 2–3 часа.

• **Для пожилых людей:** избегать синтетики из-за снижения функции потовых желёз и риска нарушения терморегуляции.

• **При физической нагрузке (спорт, работа на улице):** использовать двухслойные системы: внутренний слой – влагоотводящий (меринос или функциональный полиэстер), внешний – светлый, свободный, защищающий от солнца.

• **Головные уборы и аксессуары:** кепка или панама с широкими полями снижает тепловую нагрузку на голову на 20–30%.

Заключение

Правильный выбор летней одежды — это не вопрос эстетики, а медицинско-гигиеническая необходимость. Основные правила включают:

1. Приоритет натуральных или специальных функциональных тканей.
2. Свободный покрой.
3. Светлые тона.
4. Наличие защиты от ультрафиолета при длительном пребывании на солнце.
5. Регулярная смена одежды при сильном потоотделении.

Соблюдение этих правил снижает риск гипертермии, теплового удара и кожных заболеваний, а также повышает комфорт и работоспособность в жаркую погоду.

Список использованной литературы:

1. Адо, В.Л. Патофизиология терморегуляции. – М.: Медицина, 2018. – 312 с.
2. Коростелёв, Н. Б. Гигиена одежды и обуви. – СПб.: Гиппократ, 2020. – 256 с.
3. Иванова, Е. Г., Смирнов, Д. В. Текстильные материалы и здоровье человека. – М.: Легпромбытиздат, 2019. – 198 с.
4. ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения). Защита от ультрафиолетового излучения. Женевский доклад, 2021. – 88 с.
5. Никитина, Л. А. Детская гигиена и физиология. – М.: Академия, 2022. – 204 с.
6. ГОСТ 31406-2018 «Одежда для защиты от теплового излучения. Общие технические условия».

© Аманова С., 2026

УДК 611.972

Атаджанова Гульджан Дурдыевна

Старший преподаватель кафедры «Анатомии человека,
топографической анатомии и оперативной хирургии»,

Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева
Туркменистан, Ашхабад

АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ «БЕЗОПАСНЫХ ЗОН» ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПИЦ И ВИНТОВ ПРИ ОПЕРАТИВНОЙ ФИКСАЦИИ ПЕРЕЛОМОВ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

Аннотация

В статье представлено анатомо-топографическое обоснование определения «безопасных зон»

на протяжении плечевой кости для проведения спиц и винтов при выполнении чрескостного остеосинтеза и внутренней фиксации переломов. На основе детального анализа топографии сосудисто-нервных пучков — в частности, лучевого, подмышечного, локтевого и мышечно-кожного нервов, а также глубокой артерии плеча — выделены и описаны оптимальные анатомические коридоры для введения фиксаторов в проксимальном, среднем и дистальном отделах плеча.

Ключевые слова:

плечевая кость, анатомо-топографическое обоснование,
безопасные зоны, остеосинтез, лучевой нерв.

Плечевая область характеризуется высокой концентрацией жизненно важных анатомических структур, заключенных в относительно небольшом объеме мягких тканей. При переломах плечевой кости хирургическое вмешательство часто является единственным способом восстановления анатомической целостности конечности и обеспечения условий для ее ранней функции. Однако проведение элементов фиксации, таких как спицы аппаратов внешней фиксации, стержни-саморезы или блокирующие винты интрамедуллярных стержней, таит в себе скрытую опасность ятрогенных осложнений. Неврологические нарушения, вызванные механическим повреждением или компрессией нервных стволов фиксаторами, могут полностью нивелировать успешный результат костной репозиции. В связи с этим точное знание топографической анатомии и четкое определение безопасных хирургических коридоров на каждом уровне плеча составляют основу оперативной безопасности.

Топографо-анатомические особенности проксимального отдела плеча

В проксимальной трети плеча основным объектом риска выступает подмышечный нерв, который огибает хирургическую шейку плечевой кости сзади наперед, проходя через четырехстороннее отверстие. Данный нерв располагается непосредственно на надкостнице, что делает его крайне уязвимым при введении винтов в латерально-медиальном направлении. Безопасная зона в этом сегменте ограничена верхним краем большого бугорка и областью, лежащей ниже проекции хирургической шейки на определенное расстояние. Наиболее благоприятным вектором для проведения спиц и винтов в проксимальном отделе является антеролатеральное направление, ориентированное строго ниже уровня акромиального отростка, но выше зоны прохождения подмышечного нерва. При проведении фиксаторов спереди назад существует опасность повреждения сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча и передней огибающей артерии плеча, поэтому введение должно осуществляться латеральнее межбугорковой борозды.

Анатомические коридоры в средней трети плечевой кости

Средняя треть диафиза плеча считается наиболее критической зоной ввиду спиралевидного хода лучевого нерва и сопровождающей его глубокой артерии плеча. Переходя из заднего фасциального ложа в переднее, лучевой нерв прободает латеральную межмышечную перегородку и ложится непосредственно на кость в плечемышечном канале. На этом уровне введение любых фиксаторов в заднелатеральном или строго латеральном направлении категорически противопоказано, так как риск прямого перфорирования нерва или его ущемления приближается к критическим значениям. Безопасным доступом и направлением в среднем отделе диафиза является строго переднезадний вектор. Спицы или винты, вводимые спереди, проходят через толщу плечевой мышцы латеральнее сухожилия двуглавой мышцы, минуя мышечно-кожный нерв, который в этой зоне смещен медиально и лежит между двуглавой и плечевой мышцами. Допускается также введение фиксаторов с медиальной стороны, однако этот маневр требует прецизионного контроля, чтобы не повредить основной сосудисто-нервный пучок плеча, включающий срединный нерв и плечевую артерию.

Безопасные ориентиры дистального отдела плеча

В дистальной трети плечевая кость уплощается во фронтальной плоскости и расширяется в надмыщелковой зоне. Главную опасность здесь представляют локтевой нерв на медиальной стороне и лучевой нерв на латеральной стороне. Локтевой нерв огибает медиальный надмыщелок сзади, располагаясь в костно-фиброзной борозде, поэтому проведение спиц через медиальный мыщелок требует введения под строгим визуальным контролем или со смещением точки входа кпереди от надмыщелка. Латеральный надмыщелок является более безопасной зоной, однако проведение фиксаторов под большим углом к горизонтальной плоскости может привести к повреждению лучевого нерва, который в этой области находится кпереди от латерального мыщелка между плечелучевой и плечевой мышцами. Оптимальным коридором в дистальном сегменте является транскортикальное введение винтов во фронтальной плоскости строго через мыщелки, при этом точка входа на латеральной стороне должна быть центрирована, а на медиальной стороне — смещена кпереди от верхушки надмыщелка.

Общие принципы безопасного остеосинтеза

Помимо строгого соблюдения координатных зон, безопасность фиксации зависит от техники выполнения манипуляции. При чрескостном остеосинтезе проведение спиц должно осуществляться методом предварительного просверливания кости на низких оборотах с обязательным охлаждением, что предотвращает термический некроз тканей. Введение винтов и стержней через массивные мышечные пласты должно сопровождаться предварительным тупым расслоением мягких тканей до самой кости с помощью защитных канюль. Такой подход позволяет отодвинуть скользящие нервные стволы и сосуды от рабочей части инструмента. Особое значение имеет положение конечности в момент фиксации, поскольку ротационные движения предплечья и сгибание в локтевом суставе существенно смещают проекционные линии лучевого и мышечно-кожного нервов относительно костных ориентиров.

Роль трехмерного моделирования и навигационных систем

Внедрение в клиническую практику систем компьютерной навигации и предоперационного трехмерного моделирования позволяет перевести концепцию «безопасных зон» на принципиально новый уровень индивидуализированной точности. Использование данных мультиспиральной компьютерной томографии в сочетании с ангиографией дает возможность реконструировать пространственное взаимоотношение поврежденной кости и окружающих ее мягких тканей, включая магистральные сосудисто-нервные пучки. На основе таких моделей разрабатываются индивидуальные хирургические шаблоны, напечатанные на трехмерном принтере, которые жестко фиксируются на анатомических ориентирах плеча в ходе операции. Это позволяет направлять сверла, спицы и винты по заранее просчитанным безопасным траекториям с точностью до миллиметра, практически полностью исключая человеческий фактор и риск случайного повреждения лучевого или подмышечного нервов даже в зонах их атипичного анатомического хода.

Заключение

Индивидуализированный выбор траектории проведения фиксирующих элементов на основе четких топографо-анатомических ориентиров является ключевым фактором профилактики неврологических осложнений в хирургии плеча. Использование строго определенных безопасных зон в проксимальном, среднем и дистальном сегментах плечевой кости позволяет минимизировать риски случайного повреждения подмышечного, лучевого и локтевого нервов. Интеграция данных анатомической топографии в практическую работу травматолога обеспечивает не только стабильность фиксации костных отломков, но и сохранение полноценного функционального потенциала верхней конечности, сокращая сроки реабилитации пациентов и улучшая общие результаты лечения.

Список использованной литературы:

1. Ткаченко С.С. Чрескостный остеосинтез в травматологии. — Ленинград: Медицина, 1983. — 224 с.
2. Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г. А. Илизарова. — Санкт-Петербург: Морсар АВ, 2005. — 544 с.
3. Котельников Г.П., Миронов С.П. Травматология и ортопедия: национальное руководство. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 808 с.
4. Hoagland F.T., States J. D. Factors influencing the rate of healing in fractures of the shaft of the humerus // Surgical Clinics of North America. — 1980. — Vol. 60, No. 1. — P. 23–31.
5. Boden S.D., Labropoulos P. A. Radial nerve anatomy and its vulnerability during humerus fixation // Journal of Bone and Joint Surgery. — 1994. — Vol. 76, No. 4. — P. 541–547.

© Атаджанова Г.Д., 2026

Атаева Б.Ч.,

Заведующий кафедрой детской стоматологии.

Ширбердиева Г.Ч.,

Ассистент кафедры детской стоматологии.

Государственного медицинского Университета Туркменистана имени Мырата Гаррыева.

Ашхабад, Туркменистан.

**КЛИНИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ ГЕРПЕТИЧЕСКОГО СТОМАТИТА У ДЕТЕЙ:
ОСОБЕННОСТИ, ФОРМЫ И ОСЛОЖНЕНИЯ**

Аннотация

В статье представлен анализ клинического течения острого герпетического стоматита у детей различного возраста. Рассмотрены этиология (вирус простого герпеса 1-го типа), патогенез, классификация по степени тяжести (лёгкая, среднетяжёлая, тяжёлая форма). Описаны основные клинические проявления: лихорадка, лимфаденит, болезненные высыпания на слизистой оболочке полости рта, гиперсаливация, отказ от еды и питья. Особое внимание уделено особенностям течения у детей раннего возраста (от 6 месяцев до 3 лет), у новорождённых и у иммунокомпрометированных пациентов. Рассмотрены типичные осложнения (дегидратация, герпетический кератоконъюнктивит, герпетический менингоэнцефалит, вторичная бактериальная инфекция). Приведены дифференциально-диагностические критерии с афтозным стоматитом, энтеровирусной инфекцией, синдромом Стивенса-Джонсона. Статья предназначена для педиатров, детских стоматологов и инфекционистов.

Ключевые слова:

герпетический стоматит, дети, клиническое течение, вирус простого герпеса 1-го типа, стоматит, тяжёлая форма, дегидратация, осложнения, дифференциальная диагностика, герпесвирусная инфекция.

Введение

Острый герпетический стоматит (ОГС) – одна из самых частых клинических форм первичной герпесвирусной инфекции у детей. Пик заболеваемости приходится на возраст от 6 месяцев до 3 лет,

что связано с исчезновением материнских антител и незрелостью собственного иммунитета. По данным литературы, до 80% детей инфицируются вирусом простого герпеса (ВПГ-1) к 5-летнему возрасту, и у 30–40% из них первичная инфекция манифестирует именно как герпетический стоматит. Знание клинического течения разных форм заболевания необходимо для своевременной диагностики, правильного лечения и предотвращения осложнений.

1. Этиология и патогенез

Возбудитель – вирус простого герпеса 1-го типа (Herpes simplex virus type 1, ВПГ-1). Передача происходит воздушно-капельным, контактным (через игрушки, посуду, руки) и реже трансплацентарным путём. Инкубационный период составляет 2–14 дней (в среднем 4–6 дней).

Патогенез включает следующие этапы:

1. Адсорбция вируса на эпителии слизистой оболочки полости рта.
2. Репликация в эпителиоцитах с образованием балонирующих клеток (цитопатический эффект).
3. Лимфогенная и гематогенная диссеминация.
4. Вирусемия, которая клинически проявляется лихорадкой и интоксикацией.
5. Латентное инфицирование сенсорных ганглиев (тройничного нерва).

2. Классификация по степени тяжести

Выделяют три формы клинического течения ОГС:

2.1. Лёгкая форма (40–50% случаев)

- Температура тела субфебрильная (37,2–37,8°C) или нормальная.
- Состояние ребёнка удовлетворительное.
- Высыпания в полости рта – единичные (3–5 элементов) в виде везикул, быстро превращающихся в эрозии (афты).
- Продолжительность – 4–7 дней.
- Лимфатические узлы (подчелюстные, шейные) слегка увеличены, безболезненны.
- Заживление без рубцов.

2.2. Среднетяжёлая форма (30–35% случаев)

- Температура 38,0–39,0°C, длится 3–5 дней.
- Выраженная интоксикация: вялость, нарушение сна, снижение аппетита.
- Высыпания более обильные (10–20 элементов) – везикулы на гиперемизированном основании, после вскрытия – болезненные эрозии, покрытые фибринозным налётом.
- Поражение может распространяться на губы (герпес губ), кожу вокруг рта, реже – на слизистую носа.
- Гиперсаливация, резкая болезненность при глотании, отказ от еды.
- Лимфаденит выраженный, болезненный.
- Продолжительность – 8–12 дней.

2.3. Тяжёлая форма (5–10% случаев)

- Температура фебрильная или гектическая (39,0–40,5°C) до 7–8 дней.
- Тяжёлая интоксикация: ребёнок адинамичен, возможны судороги, бред, рвота, менингеальные симптомы.
- Поражение слизистой оболочки полости рта распространённое – до 50–100 и более элементов. Везикулы сливаются, образуя обширные эрозивные поверхности.
- Характерен гингивит (отёк, кровоточивость десен).
- Возможны высыпания на коже лица, конъюнктиве глаз, крыльях носа.
- Обезвоживание (дегидратация) вследствие отказа от питья.

• Лимфаденит резко выражен – подчелюстные, переднешейные, затылочные узлы увеличены, болезненны, спаяны в пакеты.

- Продолжительность – до 14–20 дней. Возможны рецидивы и осложнения.

3. Особенности клинического течения в разных возрастных группах

3.1. Дети от 6 месяцев до 3 лет

Это группа наибольшего риска. Иммунная система незрелая, материнские антитела к ВПГ-1 отсутствуют или снижены. Заболевание часто начинается остро с высокой лихорадки и может сразу принять среднетяжелую или тяжелую форму. Дети раннего возраста не могут локализовать боль, проявляется это постоянным плачем, отказом от груди или бутылочки. Гиперсаливация и болезненность приводят к быстрой дегидратации – это самое частое осложнение, требующее госпитализации.

3.2. Новорожденные (неонатальный герпес)

Встречается редко (1 на 3000–5000 родов), но протекает крайне тяжело. Инфицирование происходит во время родов при активном генитальном герпесе у матери. Клиническая картина:

- Поражение слизистой полости рта, губ, языка.
- Генерализованная форма: герпетический энцефалит, гепатит, пневмония, ДВС-синдром.
- Летальность без лечения достигает 80% (при своевременном введении ацикловира снижается до 20–30%).

3.3. Дети старше 3 лет и подростки

Первичный герпетический стоматит у них встречается реже, но возможно. Течение чаще легкое или среднетяжелое. Ребенок может жаловаться на «жжение» во рту до появления высыпаний. Диагностика легче благодаря возможности расспроса.

4. Осложнения

- **Дегидратация (эксикоз)** – наиболее частое осложнение у детей раннего возраста. Клиника: сухость слизистых, западение большого родничка, снижение диуреза, тахикардия.
- **Герпетический кератоконъюнктивит** – поражение роговицы, может привести к рубцеванию и снижению зрения.
- **Герпетический менингоэнцефалит** – редкое (0,1–0,5%), но жизнеугрожающее осложнение. Проявляется судорогами, нарушением сознания, очаговой неврологической симптоматикой.
- **Вторичная бактериальная инфекция** – импетиго, стрептококковый хейлит, кандидозный стоматит «поверх» герпетических эрозий.

Заключение

Клиническое течение герпетического стоматита у детей варьируемо – от субклинических форм до генерализованной инфекции с энцефалитом. Наиболее тяжелые случаи наблюдаются у детей первых 3 лет жизни, новорожденных и иммунокомпрометированных пациентов. Ранняя диагностика, оценка степени тяжести и своевременная терапия (ацикловир, регидратация, местная анестезия) позволяют предотвратить осложнения. Каждый педиатр и детский стоматолог должен быть готов к распознаванию этого заболевания.

Список использованной литературы:

1. Кузьменко Л.Г., Дмитриева Н.В. Герпетический стоматит у детей: клиника, диагностика, лечение. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – Российское клиническое руководство.
2. Клинические рекомендации (протокол лечения) «Острый герпетический стоматит у детей». Союз педиатров России, 2021.
3. Kimberlin D.W., Brady M.T., Jackson M.A. Red Book: 2021–2024 Report of the Committee on Infectious Diseases. 32nd ed. American Academy of Pediatrics, 2021. – Глава о герпесвирусных инфекциях.

4. Whitley R.J., Roizman B. Herpes simplex virus infections // The Lancet. 2017;389(10084):2416-2430. – Обзорная статья по эпидемиологии и лечению.

© Атаева Б.Ч., Ширбердиева Г.Ч., 2026

УДК 611.91

Мергенов Азат Таганмырадович

Преподаватель кафедры «Анатомии человека, топографической анатомии и оперативной хирургии», Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева
Туркменистан, Ашхабад

ВАРИАНТНАЯ АНАТОМИЯ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОРИЕНТИРЫ ВНЕЧЕРЕПНОГО ОТДЕЛА ЛИЦЕВОГО НЕРВА ПРИ РАДИКАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ НА ШЕЕ

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы вариантной анатомии и топографических ориентиров внечерепного отдела лицевого нерва, знание которых критически важно при выполнении радикальных операций на шее (включая различные виды шейных лимфодиссекций). Особое внимание уделено топографии краевой ветви нижней челюсти и шейной ветви лицевого нерва, которые наиболее подвержены риску ятрогенного повреждения при вмешательствах в поднижнечелюстном треугольнике и латеральных отделах шеи. На основе анализа анатомических исследований и клинических случаев описаны ключевые постоянные ориентиры — такие как заднее брюшко двубрюшной мышцы, шилоподъязычная мышца, нижний край нижней челюсти и лицевая вена.

Ключевые слова

лицевой нерв, внечерепной отдел, вариантная анатомия, топографические ориентиры.

Радикальные оперативные вмешательства на шее, направленные на эрадикацию регионарных метастазов рака органов головы и шеи, сопряжены с высоким риском повреждения важных нейроваскулярных структур. Среди них особое место занимает внечерепной отдел лицевого нерва. Несмотря на то, что основной ствол нерва располагается в околоушной слюнной железе, его длинные терминальные ветви спускаются в поднижнечелюстную область и верхние отделы шеи, попадая непосредственно в зону хирургического поиска при лимфодиссекции.

Наиболее уязвимой в этом отношении является краевая ветвь нижней челюсти, повреждение которой приводит к стойкой асимметрии лица, параличу мышц угла рта и выраженному эстетическому и функциональному дефициту. Ситуация осложняется крайней лабильностью и вариабельностью хода нервных стволов у разных пациентов. В связи с этим глубокое понимание индивидуальной анатомической изменчивости и четкое знание постоянных костных и мягкотканых ориентиров служат основой для безопасного выполнения радикальных операций на шее.

Вариантная анатомия внечерепного отдела лицевого нерва

После выхода из шилососцевидного отверстия и прохождения сквозь толщу околоушной железы лицевой нерв разделяется на две основные порции, из которых нижняя, или шейно-лицевая, дает начало краевой ветви нижней челюсти и шейной ветви. Архитектоника этих ветвей характеризуется выраженным полиморфизмом. Краевая ветвь может быть представлена как одиночным стволом, так и рассыпаться на несколько параллельно идущих волокон, количество

которых в некоторых случаях достигает четырех.

Индивидуальная изменчивость касается и пространственного расположения нерва относительно края нижней челюсти. Примерно в трети случаев краевая ветвь на определенном протяжении проходит ниже края челюсти, погружаясь в поднижнечелюстной треугольник. Расстояние от нижнего края кости до самой нижней точки дуги нерва может составлять более одного сантиметра. Этот факт имеет решающее значение, так как при стандартных разрезах на шее нерв может оказаться непосредственно под линией рассечения поверхностной фасции. Шейная ветвь лицевого нерва уходит еще ниже, иннервируя подкожную мышцу шеи и формируя анастомозы с чувствительным шейным сплетением. Варианты ее ветвления также разнообразны и тесно связаны с плотностью и строением подкожной мышцы.

Топографические ориентиры в зоне хирургического вмешательства

Для надежной идентификации и сохранения ветвей лицевого нерва в процессе шейной диссекции хирургу необходимо опираться на комплекс стабильных анатомических ориентиров. Первым и наиболее доступным макроориентиром служит нижний край нижней челюсти. Однако, учитывая возможность прохождения нерва ниже этой линии, опираться исключительно на костный край небезопасно.

Важнейшим мягкотканым ориентиром является лицевая вена. Краевая ветвь нижней челюсти практически всегда пересекает лицевую вену спереди, располагаясь поверхностно по отношению к ней. Данная анатомическая константа активно используется в хирургической практике. При поиске нерва сначала выделяют лицевую вену чуть ниже края челюсти, после чего аккуратно препарировать ткани впереди от нее в поверхностном слое, где и обнаруживают нервный ствол.

Глубокими анатомическими ориентирами, указывающими на безопасную зону, служат заднее брюшко двубрюшной мышцы и шилоподъязычная мышца. Ствол лицевого нерва выходит впереди от места прикрепления заднего брюшка двубрюшной мышцы к сосцевидному отростку. При выполнении радикальной шейной диссекции, требующей удаления клетчатки верхних уровней, обнажение этой мышцы позволяет четко определить глубину залегания основного ствола и контролировать отхождение его нижних ветвей. Дополнительным ориентиром служит также поднижнечелюстная слюнная железа. Ветви нерва проходят латеральнее капсулы железы, находясь в расщеплении собственной фасции шеи, что позволяет безопасно мобилизовать железу изнутри наружу, сохраняя нервные волокна вместе с фасциальным лоскутом.

Технические приемы сохранения нерва при операциях на шее

Знание вариантной анатомии диктует выбор хирургической тактики при выполнении радикальных вмешательств. Для предотвращения травмы краевой ветви нижней челюсти разрез кожи и подкожной мышцы производят как минимум на два сантиметра ниже края челюсти. Мобилизацию верхнего кожно-подкожного лоскута осуществляют строго под подкожной мышцей шеи.

Одним из наиболее эффективных и безопасных методов является техника отслаивания фасциального лоскута вместе с подкожной мышцей сверху. При этом фасция рассекается на уровне подъязычной кости, и весь пласт тканей вместе с заключенными в нем ветвями лицевого нерва аккуратно смещается краниально. Лицевая вена при этом перевязывается и пересекается ниже уровня челюсти, а ее верхний культевой конец отводится сверху вместе с мягкими тканями, что служит дополнительной механической защитой для проходящей над ней краевой ветви. Применение современных ультразвуковых и биполярных диссекторов в этой зоне требует осторожности, так как термическое воздействие может вызвать обратимый или необратимый парез даже без прямого механического повреждения нервного волокна.

Обсуждение перспективных технологий визуализации

Внедрение в современную клиническую практику методов интраоперационного нейромониторинга открыло новые возможности для верификации внечерепного отдела лицевого

нерва в режиме реального времени. Использование портативных стимуляторов позволяет хирургу бесконтактно или путем прямой электростимуляции определять точную локализацию даже самых мелких терминальных волокон краевой ветви нижней челюсти в условиях измененной анатомии или выраженного рубцового процесса. Это особенно актуально при повторных радикальных операциях на шее, когда стандартные топографические ориентиры частично или полностью утрачены из-за предыдущего хирургического вмешательства или лучевой терапии. Сочетание классических знаний вариантной анатомии с аппаратным мониторингом сводит к минимуму субъективный фактор и обеспечивает максимальную безопасность функционально-ущадящих вмешательств.

Заключение

Индивидуальная вариантная анатомия внечерепного отдела лицевого нерва представляет собой серьезный вызов для абдоминальных и челюстно-лицевых хирургов, выполняющих радикальные операции на шее. Высокая частота низкого расположения краевой ветви нижней челюсти требует стандартизации оперативных приемов и строгого соблюдения правил препаровки. Опора на такие надежные ориентиры, как лицевая вена, заднее брюшко двубрюшной мышцы и нижний край челюсти, в сочетании с прецизионной техникой выделения фасциальных лоскутов позволяет радикально удалить лимфатический аппарат шеи без ущерба для мимической функции пациента. Такой подход полностью соответствует принципам современной функциональной онкохирургии, обеспечивая не только излечение от основного заболевания, но и высокое качество последующей жизни.

Список использованной литературы:

1. Пачес А.И. Опухоли головы и шеи: руководство для врачей. — Москва: Практическая медицина, 2013. — 478 с.
2. Решетов И.В., Чиссов В.И. Пластическая и реконструктивная микрохирургия в онкологии. — Москва: РАМН, 2001. — 200 с.
3. Козлов В.А. Хирургическая стоматология и челюстно-лицевая хирургия. — Санкт-Петербург: Нева, 2021. — 352 с.
4. Al-Hayani A. Anatomical localization of the marginal mandibular branch of the facial nerve // Saudi Medical Journal. — 2007. — Vol. 28, No. 5. — P. 706–709.
5. Michels N. A. Structural variations of the extracranial facial nerve // American Journal of Surgery. — 1955. — Vol. 89, No. 6. — P. 1151–1156.

© Мергенов А.Т., 2026

УДК 611.95

Мергенов Азат Таганмырадович

Преподаватель кафедры «Анатомии человека,
топографической анатомии и оперативной хирургии»,
Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева
Туркменистан, Ашхабад

ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕТВЕЙ БРЮШНОЙ АОРТЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В МАЛОИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ ЖЕЛУДКА

Аннотация

В статье рассматриваются топографо-анатомические особенности ветвей брюшной аорты,

кровооснабжающих желудок, с акцентом на их индивидуальную изменчивость и варианты ветвления (в частности, чревного ствола и его основных ветвей). На основе анализа современных анатомических и клинических данных обосновано значение детального предоперационного картирования сосудистого русла для оптимизации тактики малоинвазивных хирургических вмешательств (лапароскопических и робот-ассистированных резекций, гастрэктомий).

Ключевые слова:

брюшная аорта, чревный ствол, топографическая анатомия, анатомическая изменчивость, малоинвазивная хирургия.

Малоинвазивная хирургия желудка (лапароскопическая и робот-ассистированная) за последние два десятилетия прочно утвердилась в качестве золотого стандарта лечения как доброкачественных, так и злокачественных новообразований желудочно-кишечного тракта. Визуальное увеличение, прецизионность манипуляций и быстрая реабилитация пациентов — неоспоримые плюсы таких операций.

Однако отсутствие мануального («тактильного») контроля в малоинвазивной хирургии предъявляет повышенные требования к визуализации операционного поля. Ситуация осложняется высокой частотой индивидуальной анатомической изменчивости ветвей брюшной аорты, отвечающих за кровоснабжение верхнего этажа брюшной полости. Аномалии ветвления чревного ствола (*truncus \ celiacus*) и верхней брыжеечной артерии (*a. \ mesenterica \ superior*) могут дезориентировать хирурга, привести к ятрогенным повреждениям крупных сосудов, неконтролируемому кровотечению или ишемии органов-мишеней (печени, культи желудка, трансплантата).

В связи с этим детальное изучение топографо-анатомических вариантов магистральных артерий и их ветвей в контексте эндовидеохирургии является крайне актуальной задачей.

Развитие хирургической гастроэнтерологии на современном этапе неразрывно связано с концепцией минимизации операционной травмы. Лапароскопические технологии обеспечивают меньшую интенсивность послеоперационного болевого синдрома, снижают частоту спаечной непроходимости и сокращают сроки госпитализации.

Однако технический успех лапароскопической гастрэктомии напрямую зависит от качества выполнения лимфодиссекции в объеме D2. Данный этап требует моноблочного удаления клетчатки и лимфатических коллекторов вдоль магистральных сосудов. В условиях двухмерного изображения на экране монитора и отсутствия возможности пропальпировать плотность тканей, любое anomальное отхождение сосуда может быть ошибочно принято за фиброзную тяж или второстепенную ветвь.

Статистика показывает, что ятрогенные повреждения крупных артериальных стволов при операциях на желудке в 85% случаев обусловлены именно незнанием индивидуальных анатомических особенностей пациента, а не дефектами мануальных навыков хирурга.

Цель исследования

Оценить частоту и характер анатомических вариантов строения ветвей брюшной аорты, кровооснабжающих желудок, и определить их влияние на безопасность и технические особенности выполнения малоинвазивных хирургических вмешательств.

Материалы и методы

В основу исследования положен анализ данных 120 пациентов, прошедших обследование и радикальное хирургическое лечение (лапароскопическая дистальная субтотальная резекция желудка, лапароскопическая гастрэктомия) в период с 2023 по 2025 гг.

Всем пациентам на дооперационном этапе выполнялась мультиспиральная компьютерная

томография (МСКТ) органов брюшной полости с внутривенным болюсным контрастированием (МСКТ-ангиография). На основе полученных DICOM-файлов проводилось трехмерное (3D) моделирование артериального русла верхнего этажа брюшной полости. В ходе операции сопоставлялись данные КТ-ангиографии с реальной интраоперационной картиной. Анатомические варианты классифицировались по общепринятой классификации Adachi и Michels.

Результаты и обсуждение

Согласно результатам МСКТ-ангиографии, классическое анатомическое строение — истинная трифуркация чревного ствола на левую желудочную (а. \ gastrica \ sinistra), общую печеночную (а. \ hepatica \ communis) и селезеночную (а. \ lienalis) артерии (классический «штатив Халлера») — наблюдалось у 87 пациентов (72,5%).

Клиническое значение при лимфодиссекции

Наибольшие технические трудности в малоинвазивной хирургии желудка вызывают варианты **Типа IV** (наличие добавочной или замещающей левой печеночной артерии, отходящей от левой желудочной артерии). При выполнении лапароскопической гастрэктомии обязательным этапом является мобилизация и пересечение левой желудочной артерии у места ее отхождения от чревного ствола с удалением лимфатических узлов 7-й и 9-й групп.

Важное примечание: Случайное пересечение замещающей левой печеночной артерии в ходе лимфодиссекции D2 у больных с аномалией IV типа неизбежно ведет к очаговому некрозу левой доли печени. У 11 пациентов нашей группы благодаря данным предоперационной МСКТ эта артерия была верифицирована и прецизионно выделена; лимфодиссекция выполнена скелетированием сосуда без нарушения кровоснабжения печени.

Варианты с отхождением правой печеночной артерии от верхней брыжеечной артерии (**Тип III**) требуют крайней осторожности при резекции желудка в зоне подпилорической порции и двенадцатиперстной кишки при формировании гастро- или энтероанастомозов. Сосуд проходит кзади от воротной вены и головки поджелудочной железы, попадая в зону манипуляций при выделении правой желудочно-сальниковой артерии (а. \ gastroomentalis \ dextra) и лимфодиссекции 6-й группы лимфоузлов.

Выявление чревно-брыжеечного ствола (**Тип V, 2,4%**) кардинально меняет архитектуру всей брюшной полости. Ошибка при клипировании основания такого ствола может привести к тотальному некрозу всего кишечника и гепатобилиарной зоны, что делает дооперационную диагностику жизнесберегающим фактором.

Анализ клинического материала продемонстрировал, что архитектура сосудов верхнего этажа брюшной полости крайне лабильна. Особое внимание хирургической бригады должно быть приковано к левой желудочной артерии. В норме она является наиболее мелкой ветвью чревного ствола, однако при наличии добавочной левой печеночной артерии её калибр значительно увеличивается.

При обнаружении такого типа строения (Тип IV по классификации Михельса) стандартный алгоритм операции меняется. Вместо пересечения левой желудочной артерии у самого основания чревного ствола, хирург обязан выполнить прецизионную диссекцию в области так называемой «малой кривизны» желудка, чтобы изолированно клипировать только те ветви, которые идут непосредственно к стенке желудка. Замещающий сосуд, идущий к левой доле печени, тщательно выделяется из окружающих тканей и сохраняется.

Другим критическим моментом является мобилизация большой кривизны желудка. Кровоснабжение этой зоны осуществляется за счет левой и правой желудочно-сальниковых артерий. Правая желудочно-сальниковая артерия берет

Заключение

Индивидуальная анатомическая изменчивость ветвей брюшной аорты встречается более чем в четверти случаев (27,5%). В условиях малоинвазивной хирургии желудка, характеризующейся отсутствием трехмерного естественного зрения и пальпаторного контакта, неосведомленность хирурга об этих особенностях резко повышает риск конверсий (перехода на открытую лапаротомию) и фатальных сосудистых осложнений.

Список использованной литературы:

1. Черноусов А.Ф., Хоробрых Т.В. и др. Малоинвазивная хирургия рака желудка: стандарты и инновации // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2022. — № 4. — С. 15–22.
2. Adachi B. Das Arteriensystem der Japaner. — Kyoto: Maruzen Co., 1928. — Bd. 1. — 320 s.
3. Michels N. A. Blood Supply and Anatomy of the Upper Abdominal Organs with a Descriptive Atlas. — Philadelphia: JB Lippincott, 1955. — 523 p.
4. Котив В.Н., Бадров В.А. Роль мультиспиральной компьютерной томографии в планировании лапароскопических операций в абдоминальной онкологии // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. — 2024. — Т. 183, № 2. — С. 45–51.

© Мергенов А.Т., 2026

Таджибаева Огулгерек Башимовна,
Преподаватель кафедры анатомии человека,
топографической анатомии и оперативной хирургии.
Государственного медицинского Университета Туркменистана имени Мырата Гаррыева.
Ашхабад, Туркменистан.

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ ПОЧКИ И ИХ РОЛЬ В ОПЕРАТИВНОЙ ХИРУРГИИ

Аннотация

В статье представлен подробный обзор анатомических вариантов почечных артерий и вен, их частоты, классификации и клинического значения. Описаны добавочные и aberrантные почечные артерии, множественные артерии, раннее деление основного ствола почечной артерии, а также варианты почечных вен (циркумаортальная вена, ретроаортальная вена, множественные вены). Особое внимание уделено роли этих анатомических особенностей при нефрэктомии (в том числе лапароскопической), резекции почки, трансплантации и эндоваскулярных вмешательствах. Подчеркивается значение предоперационной визуализации (КТ-ангиография) для предотвращения интраоперационных осложнений.

Ключевые слова:

почечная артерия, почечная вена, добавочная почечная артерия, aberrантная артерия,
анатомические варианты, нефрэктомия, трансплантация почки, КТ-ангиография,
хирургическая анатомия, кровоснабжение почки.

Введение

Кровоснабжение почки отличается высоким разнообразием анатомических вариантов. Знание

этих вариантов является обязательным для урологов, трансплантологов и сосудистых хирургов. Частота дополнительных почечных артерий достигает 25–40%, а вариантов почечных вен – 5–15%. Неучтённые аномалии могут привести к тяжёлым интраоперационным кровотечениям, ишемии участков почки, инфаркту, потере органа или смерти пациента.

1. Нормальная анатомия почечных артерий

В классическом варианте (55–70% случаев) каждая почка получает кровоснабжение из одной почечной артерии, отходящей от аорты на уровне L1–L2. Правая почечная артерия длиннее левой и проходит позади нижней полой вены. Левая почечная артерия короче и расположена более горизонтально. У ворот почки артерия делится на переднюю и заднюю ветви, затем на сегментарные артерии (верхнюю, передневерхнюю, передненижнюю, нижнюю и заднюю).

2. Варианты почечных артерий

2.1. Добавочные и aberrантные артерии

• **Добавочная почечная артерия** – дополнительный ствол, входящий в почку через ворота наряду с основной артерией. Встречается у 20–30% пациентов.

• **Aberrантная (полярная) артерия** – сосуд, входящий в почку вне ворот (через верхний или нижний полюс). Частота – 10–15%. Наиболее опасна нижняя полярная артерия, которая может пересекать мочеточник и вызывать гидронефроз, а также легко повреждается при мобилизации почки.

2.2. Раннее деление почечной артерии

Основной ствол почечной артерии делится на сегментарные ветви на расстоянии более 1 см от аорты (в норме деление происходит у ворот почки). Частота – 5–10%. Это важно при трансплантации, так как короткий основной ствол затрудняет анастомоз.

2.3. Множественные почечные артерии (3 и более)

Встречаются редко (3–5%). У таких пациентов каждая артерия кровоснабжает отдельный сегмент почки. Перевязка одной из них ведёт к инфаркту соответствующей зоны.

Хирургическое значение:

При нефрэктомии все добавочные артерии должны быть идентифицированы и перевязаны отдельно. Оставленная неперевазанной добавочная артерия приводит к массивному послеоперационному кровотечению. При резекции почки верхний или нижний полюс, питающийся от aberrантной артерии, не может быть безопасно резецирован без предварительной окклюзии этого сосуда.

3. Варианты почечных вен

3.1. Левая почечная вена

В норме левая почечная вена длиннее правой (6–10 см) и пересекает аорту спереди. Варианты:

• **Циркумаортальная левая почечная вена** – две ветви (передняя и задняя) окружают аорту. Частота – 3–6%.

• **Ретроаортальная левая почечная вена** – проходит позади аорты. Частота – 2–4%. Эта вена легко повреждается при диссекции аорты или при лимфаденэктомии.

• **Множественные левые почечные вены** – 2–3% (например, две вены, впадающие в нижнюю полую вену отдельно).

3.2. Правая почечная вена

Короче (2–4 см) и вариантов имеет меньше. Редко встречается множественное впадение (добавочная правая почечная вена) – 1–2%.

Хирургическое значение при трансплантации:

Циркумаортальная или ретроаортальная левая почечная вена создаёт технические трудности при формировании венозного анастомоза. При нефрэктомии повреждение ретроаортальной вены трудно контролировать и оно может привести к фатальному забрюшинному кровотечению.

4. Внутрпочечное артериальное строение (сегментарный тип)

По классификации Graves, почка имеет 5 сегментов: верхний, передневерхний, передненижний, нижний и задний. Каждый сегмент имеет свою сегментарную артерию без анастомозов (конечные артерии). Это означает, что перевязка одной сегментарной артерии вызывает инфаркт всего соответствующего сегмента. Это свойство используется при анатомических резекциях почки (верхнеполюсная, нижнеполюсная резекции).

5. Диагностика перед операцией

Золотой стандарт – мультиспиральная КТ-ангиография (МСКТ-ангиография). Она позволяет:

- определить количество и топографию почечных артерий и вен;
- выявить добавочные и aberrантные сосуды;
- измерить длину и диаметр сосуда для трансплантации;
- визуализировать циркумаортальную или ретроаортальную вену.

Дополнительные методы: МР-ангиография, ультразвуковая доплерография, интраоперационное ультразвуковое исследование.

6. Клинические примеры и осложнения

• **Повреждение нижней полярной артерии** во время мобилизации почки: ведёт к инфаркту 1/3 нижнего полюса и послеоперационной артериальной гипертензии (ишемически-зависимая ренин-секреция).

• **Неузнанная добавочная артерия при лапароскопической нефрэктомии:** причина конверсии и массивной гемотрансфузии.

• **Аберрантная артерия, пересекающая мочеточник:** может вызвать гидронефроз и стать причиной боли, ошибочно принимаемой за мочекаменную болезнь.

Заключение

Анатомические варианты почечных артерий и вен встречаются более чем у трети пациентов. Они имеют огромное значение в оперативной урологии, трансплантологии и сосудистой хирургии. Предоперационная КТ-ангиография должна быть обязательным исследованием перед любой плановой операцией на почке. Знание хирургической анатомии и её вариантов – основа безопасности пациента.

Список использованной литературы:

5. Graves F.T. The Arterial Anatomy of the Kidney. Bristol: John Wright & Sons, 1971. – Классическая монография о сегментарном строении почки.
6. Bergman R.A., Afifi A.K., Miyauchi R. Illustrated Encyclopedia of Human Anatomic Variation. Iowa City: University of Iowa, 2015. (Online publication) – Подробный атлас вариантов почечных сосудов.
7. Standring S. (Ed.) Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. 42nd ed. Elsevier, 2020. – Стандартный анатомический справочник.
8. Hinman F. Atlas of Urologic Surgery. 3rd ed. Elsevier, 2018. – Практическое применение анатомии в урологии.
9. Campbell M.F., Walsh P.C. Campbell-Walsh Urology. 12th ed. Elsevier, 2020. – Главы о хирургии почки и вариантах кровоснабжения.
10. Sampaio F.J.B., Passos M.A.R.F. Renal Arterial Anatomy // Journal of Urology. 1992;148(3):766-769. – Классическая статья о частоте добавочных артерий.
11. Satyapal K.S., Haffejee A.A., Singh B. Additional renal arteries – a study of 100 cadaver kidneys // Surgical and Radiologic Anatomy. 2001;23(2):119-122.
12. Khamanarong K., et al. Circumaortic left renal vein: a cadaveric study // Anatomy & Cell Biology. 2017;50(1):23-26.

13.Sharma N., et al. Multiple renal arteries and their surgical significance // International Journal of Anatomy and Research. 2016;4(3):2774-2778.

© Таджикибаева О.Б., 2026

Таджибаева Огулгерек Башимовна,
Преподаватель кафедры анатомии человека,
топографической анатомии и оперативной хирургии.
Государственного медицинского Университета Туркменистана имени Мырата Гаррыева.
Ашхабад, Туркменистан.

АНАТОМИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ СОСУДОВ И ЖЕЛЧНЫХ ПРОТОКОВ ПЕЧЕНИ И ИХ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Аннотация

В данной статье представлен обзор анатомических вариантов воротной вены, печёночной артерии, печёночных вен и внепечёночных желчных протоков. Описаны наиболее частые отклонения от классического строения: заменяющие и добавочные печёночные артерии, варианты ветвления воротной вены (трифуркация, раннее отхождение задней секторальной ветви), аномалии впадения пузырного протока в общий жёлчный проток. Особое внимание уделено клиническому значению этих вариантов при холецистэктомии, резекциях печени и трансплантации. Подчёркивается необходимость предоперационной лучевой визуализации (КТ-ангиография, МРХПГ) для предотвращения ятрогенных повреждений.

Ключевые слова:

анатомические варианты, печень, воротная вена, печёночная артерия, желчные протоки, хирургическая анатомия, холецистэктомия, ятрогенные повреждения, МРХПГ, трансплантация печени.

Введение

Знание нормальной и вариантной анатомии печени является необходимым условием безопасного выполнения гепатобилиарных операций. Частота анатомических вариантов достигает 40–50%. Их несвоевременное распознавание – одна из главных причин тяжёлых осложнений, включая повреждение магистральных сосудов и протоков, ишемию долей печени, послеоперационные билиомы и летальный исход.

1. Артериальные варианты (классификация Michels)

Классическая анатомия (тип I по Michels) встречается у 55–60%: общая печёночная артерия отходит от чревного ствола и делится на собственную печёночную, затем на правую и левую печёночные артерии.

Основные варианты:

- **Тип II** – левая печёночная артерия отходит от левой желудочной артерии (10–12%).
- **Тип III** – правая печёночная артерия отходит от верхней брыжеечной артерии (11%).
- **Тип V** – добавочная правая печёночная артерия от верхней брыжеечной (8%).
- **Тип VIII** – комбинация заменяющей и добавочной артерий (редко).

Хирургическое значение:

Заменённая правая печёночная артерия часто проходит позади пузырного протока и может быть повреждена при холецистэктомии, что ведёт к ишемии правой доли печени, абсцессу и билиоме.

2. Варианты воротной вены

Классическая бифуркация на правую и левую ветви наблюдается у 70–75%. Из вариантов наиболее значимы:

- **Трифуркация** – деление на три ветви (правую переднюю, правую заднюю и левую) – 8–15%.
- **Раннее отхождение задней секторальной ветви от ствола воротной вены** – 5–10%.
- **Препанкреатическое или постпанкреатическое расположение** – влияет на доступ при панкреатодуоденальной резекции.

Распознавание этих вариантов обязательно при правой гемигепатэктомии и трансплантации печени.

3. Анатомия желчных протоков (область треугольника Кало)

Классическое строение: пузырный проток впадает в общий печёночный проток, образуя общий жёлчный проток. Это встречается примерно в 70% случаев.

Основные варианты:

- **Низкое впадение пузырного протока** – параллельное течение с общим жёлчным протоком на протяжении 1–3 см (10–15%).
- **Впадение в правый или левый печёночный проток** – 5–8%.
- **Заднее (спиральное) впадение** – 5–7%.
- **Впадение в общий жёлчный проток позади двенадцатиперстной кишки** – около 2%.

Опасность:

При низком или заднем впадении хирург может ошибочно принять общий жёлчный проток за пузырный и перевязать его («ложный проток»), что приводит к обструктивной желтухе, билиарному перитониту и повторной операции.

4. Печёночные вены

Классический вариант – три самостоятельных ствола (правая, средняя, левая печёночные вены), впадающие в нижнюю полую вену. Встречается у 65%.

Основные варианты:

- **Общий ствол средней и левой печёночных вен** – до 30%.
- **Наличие правой нижней печёночной вены** (добавочная вена сегментов V–VI) – 15–20%.
- **Впадение правой печёночной вены в нижнюю полую вену ниже места слияния средней и левой** – 5%.

При трансплантации печени и резекции VII–VIII сегментов знание этих вариантов помогает сохранить венозный отток.

5. Предоперационная диагностика

Современный стандарт – обязательное предоперационное лучевое исследование:

- **КТ-ангиография** – для артериальных и венозных вариантов.
- **МРХПГ (магнитно-резонансная холангиопанкреатография)** – для вариантов желчных протоков.
- **Интраоперационное ультразвуковое исследование** – для окончательной верификации.

Принцип «критического взгляда Кало» (Critical View of Safety) перед клипированием каких-либо структур обязателен при всех вариантах.

Заключение

Анатомические варианты печёночных сосудов и желчных протоков – не редкость, а скорее норма

хирургической практики. Их игнорирование – главная причина ятрогенных повреждений при холецистэктомии и резекциях печени. Предоперационное картирование снижает частоту тяжёлых осложнений в 5–10 раз. Каждый гепатобилиарный хирург обязан знать классификации Michels, Couinaud и Strasberg.

Список использованной литературы:

1. Michels N.A. Blood Supply and Anatomy of the Upper Abdominal Organs. Philadelphia: Lippincott, 1955.
2. Couinaud C. Le Foie: Études Anatomiques et Chirurgicales. Paris: Masson, 1957.
3. Blumgart L.H., Belghiti J., Jarnagin W.R. Surgery of the Liver, Biliary Tract and Pancreas. 6th ed. Elsevier, 2017.
4. Skandalakis J.E., Colborn G.L., Skandalakis L.J. Surgical Anatomy: The Embryologic and Anatomic Basis of Modern Surgery. Athens: PMP, 2004.
5. Hiatt J.R., Phillips E.H., Morgenstern L. Surgical Anatomy of the Liver and Biliary Tree // Surgical Clinics of North America. 2000;80(2):497-521.
6. Nuevo F.R., et al. Anatomical variations of the hepatic artery: a study in 50 cadavers // Surgical and Radiologic Anatomy. 2017;39(5):521-528.
7. Rutkauskas S., et al. Variants of the hepatic artery and their surgical significance // Medicina (Kaunas). 2004;40(9):835-841.

© Таджибаева О.Б., 2026

УДК 611.96

Хемраева Джейхун Бердиевна

Преподаватель кафедры «Анатомии человека, топографической анатомии и оперативной хирургии», Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева
Туркменистан, Ашхабад

**ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРЕЦИЗИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
ВЕГЕТАТИВНЫХ НЕРВНЫХ СПЛЕТЕНИЙ ТАЗА ПРИ РАДИКАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ НА ПРЯМОЙ КИШКЕ**

Аннотация

В статье представлено анатомио-топографическое обоснование критериев прецизионного выделения и сохранения структур вегетативных нервных сплетений таза в ходе выполнения радикальных оперативных вмешательств по поводу рака прямой кишки. На основе послышной архитектоники малого таза описана пространственная топография верхнего и нижнего подчревных сплетений, а также тазовых внутренностных нервов в контексте концепции тотальной мезоректумэктомии. Особое внимание уделено идентификации фасциальных пространств и эмбриональных слоев разделения, служащих хирургическими ориентирами для предотвращения ятрогенного повреждения нервных волокон на этапах мобилизации прямой кишки.

Ключевые слова:

прямая кишка, вегетативные нервные сплетения таза, топографическая анатомия, нервосберегающая хирургия.

Радикальные оперативные вмешательства по поводу рака прямой кишки претерпели

существенную эволюцию с момента стандартизации концепции тотальной мезоректумэктомии. Удаление прямой кишки единым блоком с ее собственной фасцией и окружающим жировым коллектором (мезоректумом) позволило значительно снизить частоту локальных рецидивов заболевания. Тем не менее, обратной стороной высокой радикальности колоректальных операций долгое время оставался высокий процент инвалидизирующих функциональных расстройств. Повреждение тонких вегетативных нервных волокон, иннервирующих органы малого таза, приводит к эректильной и эякуляторной дисфункции у мужчин, потере лубрикации и диспареунии у женщин, а также к нейрогенным нарушениям мочеиспускания и потере контроля над функцией сфинктерного аппарата у обоих полов.

Внедрение принципов прецизионной нервосберегающей тазовой хирургии требует от оператора не просто знания общей анатомии, а четкого понимания послойной микро топографии и трехмерной архитектоники вегетативной нервной системы таза. Идентификация нервных стволов в условиях узкого пространства малого таза, особенно при лапароскопических и робот-ассистированных вмешательствах, должна базироваться на постоянных макроскопических и фасциальных ориентирах.

Анатомо-топографическая структура вегетативных сплетений малого таза

Иннервация органов малого таза осуществляется за счет симпатической и парасимпатической систем, формирующих сложные переплетения в ретроперитонеальном пространстве. Верхнее подчревное сплетение представляет собой плоскую сеть нервных волокон, расположенную на передней поверхности бифуркации аорты, тел нижних поясничных позвонков и мыса крестца. Данная структура формируется преимущественно за счет брюшного аортального сплетения и поясничных внутренних нервов, обеспечивая симпатическую иннервацию.

На уровне мыса крестца верхнее подчревное сплетение разделяется на два отчетливых трубчатых ствола — правый и левый подчревные нервы. Эти нервы спускаются латерально в косо-вертикальном направлении по заднебоковой стенке таза, располагаясь в субперитонеальном слое, кзади от париетальной фасции. Подчревные нервы служат проводниками симпатических импульсов к нижнему подчревному сплетению.

Нижнее подчревное, или тазовое, сплетение является парным, сложноорганизованным сетчатым образованием, расположенным глубоко в малом тазу. Оно имеет форму прямоугольной пластины, лежащей на боковой стенке таза медиальнее внутренних подвздошных сосудов и латеральнее прямой кишки. Это сплетение является смешанным, так как в него впадают не только симпатические подчревные нервы, но и парасимпатические тазовые внутренностные нервы, исходящие из передних ветвей второго, третьего и четвертого крестцовых спинномозговых нервов. От передненижнего отдела тазового сплетения отходят терминальные ветви к мочевому пузырю, предстательной железе или матке, а также кавернозные нервы, проходящие в непосредственной близости от стенок нижеампулярного отдела прямой кишки.

Фасциальные ориентиры как критерии прецизионной диссекции

Главным прикладным критерием успешного выделения и сохранения нервных сплетений является строгое соблюдение правильного слоя диссекции. Пространство малого таза разделено несколькими фасциальными листками, образующими четкие эмбриональные слои. Прямая кишка с ее мезоректумом окружена висцеральной фасцией. Стенки малого таза и крупные сосуды покрыты париетальной тазовой фасцией. Между этими двумя листками располагается слой рыхлой бессосудистой клетчатки, получивший в хирургической литературе название «священного слоя».

При прецизионном выполнении тотальной мезоректумэктомии диссекция должна проводиться строго внутри этого бессосудистого пространства. Париетальная фасция таза служит надежным анатомическим барьером, защищающим вегетативные нервы. Все элементы верхнего подчревного

сплетения, подчревные нервы и тазовые внутренностные нервы располагаются кзади и латерально от париетального фасциального листка. Таким образом, удержание плоскости разделения тканей медиальнее париетальной фасции гарантирует сохранность нервных проводников. Смещение слоя диссекции кзади приводит к перфорации париетальной фасции и неизбежному разрыву подчревных нервов или повреждению прекрестцового венозного сплетения с развитием профузного кровотечения.

Топографические критерии на этапах мобилизации прямой кишки

Процесс мобилизации прямой кишки включает несколько критических зон, где риск повреждения нервных элементов наиболее высок. Первой такой зоной является этап задней мобилизации на уровне мыса крестца и пересечения верхней прямокишечной артерии. Верхнее подчревное сплетение лежит непосредственно под корнем брыжейки сигмовидной кишки. Для его сохранения выделение артерии должно начинаться с медиального и латерального рассечения брюшины с обязательным деликатным смещением нервных волокон кзади, к телу пятого поясничного позвонка. Визуальным критерием безопасности на этом этапе служит сохранение тонкой блестящей фасциальной выстилки над мысом крестца.

Второй критической зоной является боковая мобилизация кишки, где подчревные нервы спускаются к тазовому сплетению. На этом уровне подчревный нерв интимно прилежит к мезоректальной фасции в области так называемых боковых связок прямой кишки. Прецизионное выделение требует визуализации хода нерва на всем протяжении. Натяжение прямой кишки в противоположную сторону позволяет раскрыть межфасциальное пространство и отсесть боковые связки медиальнее прохождения нервного ствола. Категорически исключается слепое клеммирование и пересечение боковых связок единым блоком, поскольку в них могут быть вовлечены ветви тазового сплетения.

Третьей, наиболее сложной зоной выступает передняя и переднелатеральная сепарация вблизи дистальной границы мезоректума. Здесь волокна нижнего подчревного сплетения отдают ветви к мочеполовым органам, проходя латеральнее фасции Денонвиллье (капсулы препростатической фасции). При низких резекциях прямой кишки разделение тканей кпереди от висцеральной фасции должно выполняться строго по ходу этой полупрозрачной фасциальной перегородки. Слишком латеральное отклонение инструмента приводит к повреждению сосудисто-нервных пучков, отвечающих за эректильную функцию.

Заключение

Соблюдение топографо-анатомических критериев и послойная дискретность диссекции составляют фундамент современной функциональной колоректальной хирургии. Основным анатомическим ориентиром безопасности является париетальная фасция таза, под защитой которой залегают все основные вегетативные сплетения и нервные стволы. Проведение тотальной мезоректумэктомии строго в пределах бессосудистого межфасциального пространства позволяет полностью удалить опухолевый коллектор с соблюдением всех онкологических принципов. Прецизионное выделение нервных структур на этапах пересечения магистральных сосудов, мобилизации боковых пространств и прохождения фасции Денонвиллье сводит к минимуму ятрогенный травматизм.

Список использованной литературы:

1. Воробьев Г.И. Основы колопроктологии. — Москва: Медицинское информационное агентство, 2006. — 432 с.
2. Шелыгин Ю. А., Царьков П. В. Справочник по колопроктологии. — Москва: Литтерра, 2014. — 608 с.
3. Федоров В. Д., Воробьев Г. И., Ривкин В. Л. Клиническая оперативная колопроктология. — Москва:

ГНЦ колопроктологии, 1994. — 432 с.

4. Heald R. J., Husband E. M., Ryall R. D. The mesorectum in rectal cancer surgery — the clue to pelvic recurrence? // British Journal of Surgery. — 1982. — Vol. 69, No. 10. — P. 613–616.

© Хемраева Дж.Б., 2026

УДК 611.94

Хемраева Джейхун Бердиевна

Преподаватель кафедры «Анатомии человека, топографической анатомии и оперативной хирургии», Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева
Туркменистан, Ашхабад

ПРИКЛАДНАЯ АНАТОМИЯ МЕЖРЕБЕРНЫХ ПРОМЕЖУТКОВ ПРИ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ДЕФЕКТОВ ГРУДНОЙ СТЕНКИ В ОПЕРАТИВНОЙ ТОРАКАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ

Аннотация

В статье представлено анатомо-топографическое обоснование использования межреберных промежутков в качестве опорных структур при эндопротезировании обширных дефектов грудной стенки в оперативной торакальной хирургии. На основе детального анализа послойного строения межреберий описана пространственная топография межреберных сосудисто-нервных пучков, залегающих в одноименных бороздах ребер, а также особенности прикрепления и биомеханического потенциала межреберных мышц.

Ключевые слова:

межреберный промежуток, прикладная анатомия, эндопротезирование грудной стенки, торакальная хирургия.

Современная торакальная онкохирургия характеризуется увеличением объемов и радикальности трансстернальных и трансплевральных резекций. Удаление опухолей ребер, грудины и мягких тканей часто приводит к образованию обширных сквозных дефектов грудной стенки. Отсутствие адекватной реконструкции таких дефектов неизбежно влечет за собой развитие парадоксального дыхания, флотации грудной стенки, выраженной дыхательной недостаточности и плевральных осложнений.

Основным методом восстановления целостности каркаса является эндопротезирование с использованием различных синтетических и титановых материалов. В качестве опорных площадок для удержания протезирующих систем хирурги используют края реберных дефектов и смежные межреберные промежутки. Межреберный промежуток представляет собой сложный топографо-анатомический комплекс, содержащий крупные магистральные сосуды, нервные стволы и несколько слоев мышц, что требует от торакального хирурга ювелирной точности при проведении элементов фиксации.

Послойная архитектура и мышечно-фасциальные структуры межреберий

Для понимания биомеханического потенциала фиксации эндопротеза необходимо детально рассматривать послойную структуру межреберного промежутка. Поверхностный слой представлен широкими мышцами спины и груди, которые в ходе радикальных онкологических резекций часто удаляются вместе с опухолевым конгломератом. Собственно межреберный промежуток заполнен

тремя слоями мышц, среди которых наружные межреберные мышцы выполняют преимущественно инспираторную функцию, а внутренние и самые внутренние межреберные мышцы обеспечивают выдох и поддерживают тонус грудной стенки.

При фиксации эндопротеза, особенно тяжелых титановых систем, шовный материал или фиксирующие винты должны проходить через плотные сухожильные пучки наружных и внутренних межреберных мышц у мест их прикрепления к краям ребер. Ошибка в выборе глубины проведения иглы или фиксатора может привести к прорезыванию мышечной ткани, потере стабильности имплантата и его дислокации в плевральную полость, что повлечет за собой тяжелые висцеральные повреждения.

Топография межреберного сосудисто-нервного пучка и риски ятрогении

Ключевым аспектом прикладной анатомии этой зоны является пространственное расположение межреберного сосудисто-нервного пучка. В межреберном промежутке вена, артерия и нерв залегают в межмышечном пространстве между внутренними и самыми внутренними межреберными мышцами. В задних и латеральных отделах грудной стенки этот пучок располагается непосредственно в бороздке ребра вдоль его нижнего края. При этом вена занимает самое верхнее положение, артерия находится посередине, а межреберный нерв лежит наиболее низко, часто выходя за пределы костной защиты реберного края.

Данное топографическое взаимоотношение диктует жесткие правила проведения фиксирующих нитей или скоб. Проведение перикостальных швов, когда игла огибает ребро, сопряжено с критическим риском сдавления или прямого повреждения межреберной артерии и нерва. Повреждение межреберной артерии может вызвать массивное внутриплевральное кровотечение или формирование напряженной гематомы мягких тканей. Компрессия или прошивание межреберного нерва неизбежно приводит к развитию стойкого, резистентного к анальгетикам послеоперационного болевого синдрома, известного как постторакалотомическая межреберная невралгия, которая значительно ухудшает качество жизни пациента и препятствует его полноценной респираторной реабилитации.

Пространственные изменения анатомии в передних отделах грудной клетки

Топография сосудов и нервов существенно изменяется по мере продвижения от позвоночника к груди. В передних отделах, начиная от окологрудной линии, межреберный сосудисто-нервный пучок утрачивает костную защиту реберной борозды и смещается к середине межреберного промежутка. Кроме того, в этой зоне артерии и вены начинают активно анастомозировать с внутренними грудными сосудами.

При эндопротезировании дефектов передней грудной стенки, особенно вблизи рукоятки и тела грудины, хирургу необходимо полностью отказаться от слепого проведения фиксирующих элементов в центральных зонах межреберий. Фиксация в этой области должна осуществляться либо непосредственно к хрящевой части ребер методом сквозного просверливания хряща в центральной его части, либо к телу грудины. Это позволяет полностью обойти зону прохождения латеральных и передних прободающих ветвей внутренних грудных сосудов, предотвращая фатальные геморагические осложнения.

Прикладные техники безопасной фиксации эндопротезов

С учетом описанных анатомических особенностей в торакальной хирургии разработаны специализированные алгоритмы фиксации сетчатых и композитных эндопротезов грудной стенки. Наиболее безопасным методом удержания мягких синтетических сеток считается проведение транскостальных швов через предварительно сформированные бормашиной или сверлом отверстия в средней части ребра. Этот прием полностью исключает контакт нити с нижним краем ребра и залегающим там сосудисто-нервным пучком.

При необходимости фиксации непосредственно к мышечно-фасциальному массиву межреберья швы накладывают строго по верхнему краю нижележащего ребра. Поскольку верхний край ребра свободен от крупных нервных и сосудистых стволов, препаровка и прошивание тканей в этой узкой зоне являются относительно безопасными. Использование современных композитных протезов, требующих жесткой фиксации титановыми пластинами и винтами, заставляет хирурга контролировать длину винтов, чтобы их рабочая часть не проникала глубже внутренней фасции грудной клетки и не вызывала раздражения париетальной плевры в смежных межреберных промежутках.

Интеграция биологических и композитных материалов в реконструкцию межреберий

Современный этап развития торакальной хирургии ознаменован переходом от использования изолированных синтетических протезов к применению гибридных аллопластических комплексов. При фиксации таких конструкций критически важно учитывать не только топографию сосудов, но и сохранность лимфатического дренажа и микроциркуляторного русла самих межреберных мышц. Комбинирование жестких титановых фиксаторов, обеспечивающих каркасность, с биологическими матрицами или перемещенными мышечными лоскутами на сосудистой ножке позволяет укрыть зону эндопротезирования жизнеспособной тканью. Это существенно снижает риск инфицирования имплантата и способствует его полноценной интеграции в окружающие структуры межреберий. Прецизионное сохранение мышечных ветвей межреберных артерий в процессе мобилизации краев дефекта гарантирует адекватное кровоснабжение сформированных лоскутов, что предотвращает их некроз и обеспечивает герметичность плевральной полости в долгосрочной перспективе.

Заключение

Глубокое понимание прикладной анатомии межреберных промежутков составляет основу успешного и безопасного эндопротезирования дефектов грудной стенки. Топографическая лабильность межреберного сосудисто-нервного пучка на протяжении от позвоночного столба до грудины требует гибкого изменения хирургической тактики в зависимости от локализации дефекта. Отказ от травматичных перикостальных швов в пользу транскостальной фиксации и прецизионное проведение элементов протеза по верхнему краю нижележащего ребра позволяют минимизировать риски интраоперационной кровопотери и тяжелых неврологических расстройств.

Список использованной литературы:

1. Вишневский А.А., Рудаков С.С., Миланов Н.О. Хирургия грудной стенки: Руководство. — Москва: Видар, 2005. — 312 с.
2. Lardinois D., Müller M., Furrer M. et al. Functional results after anterolateral chest wall resection and reconstruction // *Annals of Thoracic Surgery*. — 2000. — Vol. 70, No. 3. — P. 912–916.
3. Deschamps C., Tirnaksiz B. M., Darbandi R. et al. Early and long-term results of prosthetic chest wall reconstruction // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. — 2002. — Vol. 123, No. 4. — P. 671–680.

© Хемраева Дж.Б., 2026



ВЕТЕРИНАРИЯ

Reyimov Dayanch, lecturer.

Gulov Yusup, student.

International Horse Breeding academy named after Aba Annayev

Hanova Nurtach, student.

Pedagogical secondary vocational school named after Berdimuhamed Annaev of Arkadag city

Arkadag, Turkmenistan

THE BIOSECURITY BENCHMARK: ALIGNING MARKETING STRATEGY AND SANITARY EXPERTISE IN THE EGG VALUE CHAIN

Abstract

The commercialization of shell eggs and liquid egg products requires an agile management framework capable of balancing thin retail margins against high biological contamination risks. This article examines the critical relationship between Egg Marketing Frameworks and Sanitary-Veterinary Expertise. By assessing automated mass-sorting logistics, rapid screening matrices for *Salmonella enterica*, Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) pasteurization windows, and digital supply chain traceability architectures, this study demonstrates how rigorous biochemical validation acts as the primary driver for brand differentiation, regulatory compliance, and consumer trust.

Keywords:

egg marketing, sanitary expertise, salmonella, pasteurization, HACCP, candling, traceability, egg products.

Introduction

Eggs and egg products are among the most versatile, nutrient-dense, and highly consumed animal proteins globally. However, their unique physical and biological structure places them under intense regulatory and operational pressure. A shell egg is a living, porous structure susceptible to moisture loss, gas exchange, and environmental contamination. At the same time, liquid egg products (such as whole egg pulp, whites, or yolks) are highly sensitive, moisture-rich media that support rapid microbial growth if temperature-controlled chains fail.

To capture value in this demanding market, producers must run marketing campaigns that are directly aligned with strict biosecurity measures. Modern consumers are highly sensitive to food safety scares, flock housing conditions, and product freshness. Consequently, Sanitary-Veterinary Expertise has transitioned from a routine backend compliance requirement into a powerful frontend marketing asset. Egg producers who integrate verified laboratory metrics and strict contamination safeguards directly into their brand identity can justify premium pricing, insulate themselves from devastating product recalls, and maintain access to strict international trade markets.

1. Market Segmentation and Positioning Strategies

Product Portfolio Dynamics and Logistical Flow

The egg marketing sector splits its distribution pipelines based on processing states, consumer demographics, and storage lifecycles:

Flock Production → [Shell Eggs] → Washing, Candling, Grading → High-Velocity Retail (30-Day Window)

→ [Egg Products] → Breaking → Pasteurization → Industrial B2B / Extended Shelf-Life

- **Shell Egg Channels (Table Eggs):** Fresh shell eggs rely on rapid retail turnover and continuous temperature management (typically maintained at **7C**). Marketing strategies emphasize visual uniformity, clean outer shells, yolk color consistency, and local farm freshness.

• **Liquid, Frozen, and Dried Egg Products:** Liquid eggs, isolated yolks, and egg white powders serve commercial bakery, confectionery, and foodservice sectors. Marketing strategies for these B2B channels focus on functional performance metrics (e.g., foaming capacity, emulsification stability, heat coagulation properties) and guaranteed pathogen-free certification.

2. The Mechanics of Sanitary-Veterinary Expertise

Sanitary expertise serves as the primary line of defense against foodborne illnesses, using advanced sorting and biomolecular testing to ensure no contaminated or structurally compromised units reach distribution.

Automated Candling, Crack Detection, and Shell Grading

Before internal chemical testing occurs, eggs pass through high-speed automated grading systems running two critical diagnostic steps:

1. **Acoustic Crack Detection:** Mechanical sensors tap the eggshells lightly with tiny hammers, analyzing the acoustic resonance frequency. Cracked or micro-fractured shells produce a dampened sound wave and are immediately rejected, as even microscopic fractures offer an open gateway for external bacteria.

2. **Computerized Candling:** High-intensity light beams pass through the spinning eggs while high-speed cameras scan the interior. This step automatically identifies and discards eggs containing internal defects such as blood spots, meat spots, or large, stale air cells.

Pathogen Screening: The Battle Against *Salmonella*

The single greatest biological threat to the egg industry is ***Salmonella enterica serovar Enteritidis***. This pathogen is uniquely dangerous because it can infect the hen's ovaries, contaminating the internal contents of the egg *before* the shell is even formed.

• **Screening Protocols:** Sanitary inspectors run routine environmental drag-swabs of the laying barns and conduct regular Polymerase Chain Reaction (PCR) assays on pooled liquid egg samples.

• **Regulatory Impact:** Identifying *Salmonella* inside a production flock halts all shell egg shipments from that facility immediately. The remaining inventory must be diverted to industrial pasteurization plants for heat treatment, causing severe financial losses for the producer and damaging their retail brand equity.

3. HACCP and Thermal Engineering in Liquid Egg Products

Because liquid egg pulp is a highly optimal medium for bacterial growth, processing facilities install dedicated **Critical Control Points (CCPs)** under a strict Hazard Analysis Critical Control Point framework to eliminate microbes while preserving functional cooking properties.

The Pasteurization Balance Matrix

Liquid egg components coagulate easily under heat, meaning pasteurization must be engineered within incredibly tight parameters to destroy pathogenic cells without cooking the product itself:

• **Liquid Whole Eggs [CCP 1]:** Typically heated to **60C to 64C for a minimum of 3.5 minutes**. This temperature profile successfully achieves a 5-log reduction in *Salmonella* while preserving the egg's natural emulsification capabilities.

• **Liquid Egg Whites:** Egg whites are more heat-sensitive than yolks. They require a lower thermal exposure profile (typically **52C to 55C**) paired with food-grade stabilizers (like aluminum sulfate) to protect the sensitive albumen proteins from denaturing.

Following pasteurization, the fluid is rapidly chilled below **4C** and packaged into aseptic containers under sterile atmospheric conditions to prevent any secondary contamination.

4. Mitigating Trade Vulnerabilities and Border Trade Halts

In global trade, sanitary and phytosanitary (SPS) regulations are strictly enforced to prevent transnational animal disease outbreaks. The most critical risk vector for the egg sector is **Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI)**.

If a region records an outbreak of HPAI, international trade authorities execute immediate, sweeping border closures on all live poultry, shell eggs, and un-pasteurized egg derivatives originating from that zone. For export-heavy egg producers, an extended border ban triggers an immediate domestic oversupply, tanks local wholesale prices, and forces the destruction of perishable assets. This emphasizes the vital economic need for rigorous, proactive regional veterinary monitoring.

5. Cryptographic Traceability: Transforming Data into Brand Equity

The ultimate integration of egg marketing and sanitary expertise is achieved through **Digital Traceability Frameworks**. Utilizing decentralized blockchain ledgers, egg packages are printed with unique, batch-specific QR codes that connect consumers directly with the product's agricultural history.

Barn Biosecurity Log → Sorting & Candling Timestamp → Pasteurization Lab Clearance → Consumer QR Scan

This modern data architecture provides clear advantages for both safety and marketing:

- **Targeted Sanitary Recalls:** If a specific batch tests positive for a contaminant post-retail, recall teams consult the immutable ledger to isolate the exact flock barn and packaging window within minutes. This enables targeted stock removal, preventing a blanket recall that would destroy the brand's entire regional footprint.

- **Unverifiable Marketing Legitimacy:** When consumers scan the carton's QR code in the grocery aisle, they can view verified, unalterable data showing the flock's vaccination history, feed profiles, exact candling dates, and laboratory safety clearances. This level of radical transparency validates premium pricing, proves cage-free or organic claims, and transforms raw compliance data into a compelling story of safety and brand integrity.

Conclusion

The financial sustainability of the modern egg and egg product industry depends entirely on the close alignment of marketing strategy and sanitary expertise. Because eggs carry significant biological vulnerabilities, food safety cannot be managed as an isolated operational cost. By making advanced candling technologies, strict *Salmonella* screening protocols, and precise HACCP pasteurization standards the core pillars of public brand messaging, egg producers can construct an unshakeable market position. Leveraging digital traceability to showcase verified product safety ensures egg enterprises preserve international market access, insulate themselves from supply chain disruptions, and win long-term consumer trust.

References:

1. Kotler, P. and Armstrong, G. Principles of Marketing: Agribusiness Supply Dynamics. — Pearson Education, 19th ed., 2024.
2. Journal of Food Microbiology and Egg Safety Informatics, Evaluating Real-Time PCR Assay Sensitivities for Salmonella Enteritidis Detection in Internal Egg Matrix Pools, Vol. 52, No. 1, February 2025.
3. International Review of Poultry Science and Trade Economics, The Macroeconomic Repercussions of Transnational Trade Halts Induced by Highly Pathogenic Avian Influenza Outbreaks, 2025.
4. Annual Review of Food Engineering and Cryptographic Traceability, Implementing Immutable Ledger Architectures for Critical Control Point Monitoring in Liquid Egg Pasteurization Plants, May 2026.

© Reyimov D., Gulov Y., Hanova N., 2026



ПСИХОЛОГИЯ

УДК 796.41:159.9

Галиуллин Айдар Рамилович

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

Покровская Татьяна Юрьевна

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,

Казань, РФ

**ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ ГИМНАСТИКОЙ НА ПСИХОМОТОРНЫЕ ФУНКЦИИ
И УВЕРЕННОСТЬ В СЕБЕ У СТУДЕНТОВ****Аннотация**

В статье представлены результаты исследования влияния систематических занятий гимнастикой на развитие психомоторных функций и формирование уверенности в себе у студентов высших учебных заведений. Авторами проанализирована взаимосвязь между регулярной гимнастической подготовкой и совершенствованием таких психологических качеств, как концентрация внимания, самоконтроль и эмоциональная устойчивость. Особое внимание уделено механизмам, посредством которых освоение сложнокоординационных упражнений способствует улучшению нейромоторной регуляции, скорости двигательных реакций и точности движений. В работе обобщены данные педагогического эксперимента, проведенного с участием студентов 1–2 курсов, в ходе которого оценивались показатели концентрации внимания, психомоторной координации и субъективного уровня уверенности в себе. Установлено, что целенаправленные занятия гимнастикой обеспечивают комплексное развитие психофизических качеств обучающихся, повышают их способность к саморегуляции и формируют адекватную положительную самооценку. Полученные данные подтверждают целесообразность более широкого применения гимнастических методик в системе физического воспитания студентов как средства гармоничного развития личности.

Ключевые слова:

гимнастика, психомоторные функции, концентрация внимания, уверенность в себе, самоконтроль, студенты, физическое воспитание, координация, саморегуляция, эмоциональная устойчивость.

Galiullin Aidar R.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev — KAI

Pokrovskaya Tatyana Y.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev — KAI

Kazan, Russia

INFLUENCE OF GYMNASTICS ON PSYCHOMOTOR FUNCTIONS AND SELF-CONFIDENCE OF STUDENTS**Abstract**

The article presents the results of a study on the influence of systematic gymnastics training on the development of psychomotor functions and the formation of self-confidence in university students. The authors analyze the relationship between regular gymnastics practice and the improvement of such psychological qualities as concentration of attention, self-control and emotional stability. Particular attention is paid to the mechanisms by which mastering complex coordination exercises improves neuromotor regulation, the speed of motor reactions and the accuracy of movements. The work summarizes the data of a pedagogical experiment conducted with first- and second-year students, during which indicators of

attention concentration, psychomotor coordination and the subjective level of self-confidence were assessed. It has been established that purposeful gymnastics training ensures the comprehensive development of students' psychophysical qualities, increases their capacity for self-regulation, forms an adequate positive self-esteem and confirms the expediency of a wider application of gymnastics methods in physical education.

Keywords:

gymnastics, psychomotor functions, concentration of attention, self-confidence, self-control, students, physical education, coordination, self-regulation, emotional stability.

Актуальность. Современная система высшего образования предъявляет к студентам высокие требования, связанные не только с объёмом усваиваемой информации, но и с устойчивостью внимания, способностью к концентрации и саморегуляции в условиях значительных умственных нагрузок. При этом возрастающая гиподинамия и эмоциональная напряжённость учебного процесса негативно сказываются как на физическом, так и на психологическом состоянии обучающихся. В этих условиях актуальным становится поиск средств физического воспитания, которые одновременно развивают двигательные и психические качества личности. Гимнастика, требующая высокой точности движений, концентрации внимания и постоянного контроля над телом, представляет собой эффективное средство комплексного воздействия на психомоторную сферу. Освоение гимнастических элементов формирует у студента не только физическую подготовленность, но и психологическую устойчивость, уверенность в собственных силах и навыки самоконтроля, что имеет особое значение для успешной учебной и будущей профессиональной деятельности.

Цель исследования заключается в определении характера и степени влияния систематических занятий гимнастикой на психомоторные функции и формирование уверенности в себе у студентов, а также в обосновании возможности целенаправленного развития концентрации внимания и самоконтроля средствами гимнастической подготовки.

Задачи:

1. Выявить взаимосвязь между регулярными занятиями гимнастикой и динамикой показателей психомоторной координации, скорости и точности двигательных реакций у студентов.
2. Оценить влияние гимнастической подготовки на устойчивость и концентрацию внимания, а также на способность обучающихся к произвольному самоконтролю.
3. Определить, как освоение гимнастических элементов отражается на субъективном уровне уверенности в себе и самооценке студентов.

Методы исследования. В ходе работы использовались анализ научно-методической литературы по психологии физического воспитания и теории гимнастики, педагогическое наблюдение, психодиагностическое тестирование (корректирующая проба для оценки концентрации и устойчивости внимания, теппинг-тест для оценки психомоторного темпа, методики измерения времени двигательной реакции и точности движений), а также анкетирование для определения субъективного уровня уверенности в себе. Полученные данные подвергались сравнительному анализу до и после реализации программы [1, с. 52].

Апробация результатов. Исследование проводилось на базе КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева в течение учебного года. В нём приняли участие 96 студентов 1–2 курсов в возрасте 17–19 лет, ранее системно не занимавшихся гимнастикой. Участники были разделены на экспериментальную и контрольную группы: экспериментальная группа занималась по программе с акцентом на координацию, равновесие и точность движений, контрольная — по общей программе физического воспитания.

Каждое занятие включало разминку, основную часть с освоением базовых элементов (кувырков, стоек, упражнений на равновесие, элементов на снарядах и акробатических связок) и заключительную часть с растяжкой и дыхательной релаксацией. Нагрузка возрастала по принципу «от простого к сложному» с обязательным самоконтролем техники выполнения каждого элемента [3, с. 78].

По итогам эксперимента в экспериментальной группе зафиксирована выраженная положительная динамика психомоторных показателей: скорость и точность двигательных реакций улучшились в среднем на 27 %, психомоторный темп по теппинг-тесту — на 22 %, а координационные способности, оцениваемые по тестам на равновесие и сложнокоординационным упражнениям, — на 34 %. В контрольной группе аналогичные показатели изменились незначительно (8–11 %). По данным корректурной пробы устойчивость и концентрация внимания у студентов экспериментальной группы повысились в среднем на 24 % при одновременном снижении числа ошибок в заданиях, требующих длительного сосредоточения. Это объясняется тем, что выполнение гимнастических элементов требует непрерывного удержания внимания на технике движения и положении тела в пространстве, тренируя механизмы произвольной концентрации [2, с. 140].

По результатам анкетирования 81 % студентов экспериментальной группы отметили рост уверенности в себе и готовность браться за более сложные двигательные задачи, а около 76 % — улучшение способности к самоконтролю: умение управлять эмоциональным состоянием, сосредотачиваться перед ответственным действием и сохранять собранность при неудачах. Многие участники подчеркнули, что навыки саморегуляции, приобретённые на занятиях, переносятся и на учебную деятельность.

Обсуждение. Полученные результаты подтверждают, что гимнастика оказывает комплексное воздействие на психомоторную и психологическую сферу студентов. Освоение сложнокоординационных упражнений предъявляет высокие требования к нейромоторной регуляции: обучающемуся необходимо одновременно контролировать множество параметров движения, что совершенствует взаимодействие сенсорных и моторных систем. Регулярное преодоление посильных трудностей и достижение видимого результата при освоении новых элементов формируют ощущение компетентности, лежащее в основе уверенности в себе. Развитие самоконтроля обусловлено самой природой гимнастической деятельности: точность и безопасность выполнения элементов невозможны без постоянного волевого контроля над телом, дыханием и эмоциональным состоянием, а концентрация внимания развивается как необходимое условие техничного выполнения упражнений.

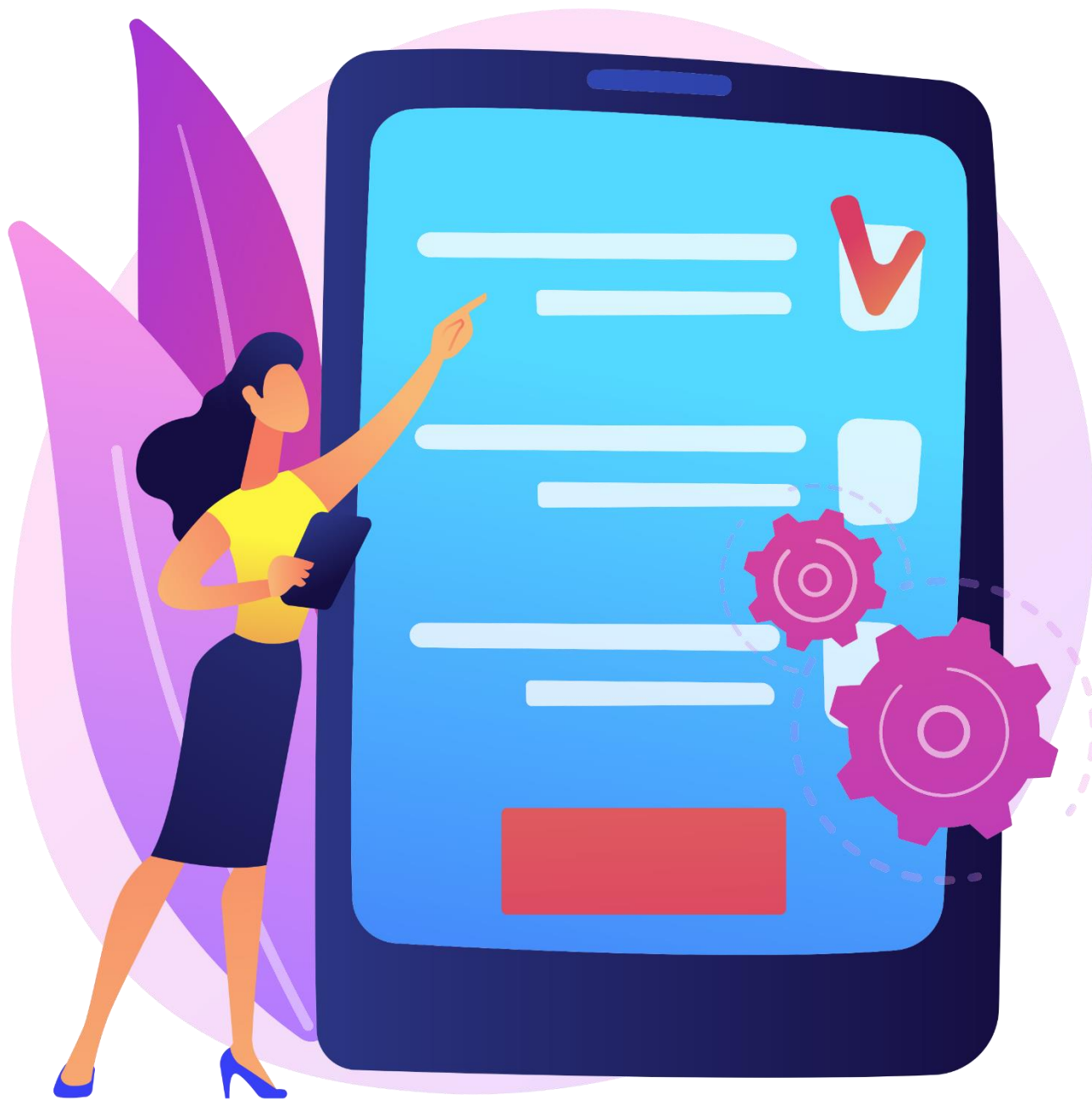
Сравнение с контрольной группой показывает, что именно специфика гимнастической нагрузки, а не физическая активность как таковая, обеспечивает наиболее выраженный прирост рассматриваемых качеств. Среди ограничений исследования следует отметить относительно небольшой объём выборки; дальнейшие исследования целесообразно направить на изучение долгосрочной устойчивости полученных эффектов и их связи с академической успеваемостью.

Заключение. Проведённое исследование показало, что систематические занятия гимнастикой оказывают положительное влияние на психомоторные функции и способствуют формированию уверенности в себе у студентов. Гимнастическая подготовка обеспечивает развитие концентрации внимания, совершенствование координации и точности движений, а также закрепление навыков самоконтроля и эмоциональной саморегуляции. Полученные данные позволяют рекомендовать более широкое включение гимнастических методик в систему физического воспитания вузов в качестве средства гармоничного развития физических и психологических качеств личности обучающихся [3, с. 102].

Список использованной литературы:

1. Гогунев Е.Н., Мартьянов Б.И. Психология физического воспитания и спорта : учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений. – М.: Академия, 2018. – 224 с.
2. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2016. – 384 с.
3. Карпенко Л.А. Теория и методика гимнастики: учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия, 2017. – 496 с.
4. Родионов А.В. Психология физического воспитания и спорта: учебник для вузов. – М.: Юрайт, 2019. – 410 с.
5. Сафонов В.К. Психология спортсмена: слагаемые успеха. – М.: Спорт, 2018. – 280 с.
6. Ямалетдинова Г.А. Самоуправление двигательной деятельностью студентов в процессе физического воспитания // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 5. – С. 45–48.

©Галиуллин А.Р., Покровская Т.Ю., 2026



СОЦИОЛОГИЯ

УДК 316.4:796.323

Галиуллин Айдар Рамилович

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

Покровская Татьяна Юрьевна

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,

Казань, РФ

КОМАНДНЫЕ ВИДЫ СПОРТА КАК ФАКТОР СОЦИАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ**Аннотация**

В статье рассматриваются командные виды спорта как фактор социальной интеграции студенческой молодёжи на примере баскетбола. Авторами анализируется социализирующий потенциал командной спортивной деятельности и её роль в формировании коммуникативных навыков, чувства коллективной принадлежности и социальной адаптации обучающихся. Особое внимание уделено механизмам, посредством которых совместная игровая деятельность способствует развитию командной работы, взаимной ответственности, навыков сотрудничества и преодоления межличностных барьеров. В работе обобщены теоретические подходы социологии спорта к проблеме интеграции личности в студенческое сообщество, а также рассмотрены функции баскетбола как средства включения молодёжи в систему социальных связей вуза. Показано, что регулярное участие в командной спортивной деятельности способствует снижению социальной изоляции, укреплению групповой сплочённости и формированию устойчивых дружеских и деловых связей между студентами. Сделан вывод о том, что командные виды спорта, и баскетбол в частности, выступают эффективным инструментом социальной интеграции, гражданской социализации и гармоничного развития личности студента в условиях образовательной среды.

Ключевые слова:

командные виды спорта, баскетбол, социальная интеграция, социализация, студенческая молодёжь, командная работа, групповая сплочённость, коммуникация, физическая культура, социология спорта.

Galiullin Aidar R.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev — KAI

Pokrovskaya Tatyana Y.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev — KAI

Kazan, Russia

TEAM SPORTS AS A FACTOR OF SOCIAL INTEGRATION OF STUDENT YOUTH**Abstract**

The article examines team sports as a factor of social integration of student youth using the example of basketball. The authors analyze the socializing potential of team sports activity and its role in the formation of communication skills, a sense of collective belonging and the social adaptation of students. Particular attention is paid to the mechanisms by which joint game activity contributes to the development of teamwork, mutual responsibility, cooperation skills and the overcoming of interpersonal barriers. The work summarizes the theoretical approaches of the sociology of sport to the problem of integrating the individual into the student community, and considers the functions of basketball as a means of including young people in the system of social ties of the university. It is shown that regular participation in team sports activity helps

to reduce social isolation, strengthen group cohesion and form stable friendly and business ties between students. It is concluded that team sports, and basketball in particular, act as an effective tool of social integration, civic socialization and harmonious development of the student's personality.

Keywords:

team sports, basketball, social integration, socialization, student youth, teamwork, group cohesion, communication, physical culture, sociology of sport.

Актуальность. Социальная интеграция студенческой молодёжи представляет собой одну из ключевых задач современной высшей школы. Поступление в вуз сопровождается резкой сменой привычного социального окружения, необходимостью адаптации к новому коллективу и образу жизни, что нередко порождает у первокурсников чувство изоляции и трудности в установлении межличностных связей. В этих условиях возрастает значение форм совместной деятельности, способных объединять студентов и формировать устойчивое чувство принадлежности к сообществу. Командные виды спорта, и баскетбол в частности, обладают значительным социализирующим потенциалом: совместная игровая деятельность требует постоянного взаимодействия, согласования действий и взаимной ответственности, создавая естественную среду для социальной интеграции. Изучение командного спорта как фактора включения молодёжи в систему социальных связей вуза приобретает особую актуальность в контексте задач воспитательной и социальной политики высшего образования.

Цель исследования заключается в определении роли командных видов спорта (на примере баскетбола) как фактора социальной интеграции студенческой молодёжи и в обосновании их социализирующих функций в образовательной среде вуза.

Задачи:

1. Раскрыть социализирующий потенциал командных видов спорта и механизмы их влияния на интеграцию студентов в коллектив.
2. Определить роль баскетбола как средства развития командной работы, коммуникативных навыков и групповой сплочённости студентов.
3. Обосновать значение командной спортивной деятельности для социальной адаптации и гражданской социализации студенческой молодёжи.

Методы исследования. В работе использовались анализ научной литературы по социологии спорта и теории физической культуры, теоретическое обобщение и систематизация социологических подходов к проблеме социальной интеграции, а также сравнительный анализ функций индивидуальных и командных видов спорта в процессе социализации личности [1, с. 34].

Командные виды спорта традиционно рассматриваются социологией спорта как один из эффективных институтов вторичной социализации личности. В отличие от индивидуальных дисциплин, где результат зависит преимущественно от усилий самого спортсмена, командная деятельность подчинена логике коллективного взаимодействия: успех достигается только при согласованных действиях всех участников. Это обуславливает формирование у студентов навыков сотрудничества, взаимной поддержки и принятия общих целей. В процессе совместной игры обучающийся осваивает социальные роли, нормы группового поведения и механизмы распределения ответственности, что составляет основу его интеграции в студенческое сообщество [2, с. 88].

Баскетбол является показательной моделью командного взаимодействия. Высокий темп игры, постоянная смена ситуаций и необходимость мгновенного принятия решений требуют от участников непрерывной коммуникации, согласования и доверия партнёрам. Каждый игрок выполняет определённую функцию, но при этом подчиняет личные действия общей стратегии команды.

Подобная организация деятельности формирует ключевой социальный навык — командную работу, то есть умение действовать совместно ради общего результата, учитывая интересы и возможности других. Регулярные тренировки и игры закрепляют этот навык, превращая случайный набор студентов в сплочённый коллектив со своими нормами, традициями и системой взаимной поддержки [3, с. 121].

Социально-интегративные функции командного спорта проявляются на нескольких уровнях. На межличностном уровне совместная деятельность способствует установлению дружеских связей, преодолению замкнутости и социальных барьеров, в том числе связанных с различиями в происхождении, культуре или уровне подготовки. На групповом уровне формируется коллективная идентичность и чувство принадлежности к команде и вузу. На институциональном уровне баскетбол выступает каналом включения студентов в общественную жизнь учебного заведения через участие в соревнованиях, спортивных секциях и студенческих мероприятиях. Тем самым командный спорт снижает риск социальной изоляции, особенно значимый для первокурсников и иногородних студентов, и способствует их полноценной адаптации [2, с. 95].

Важной составляющей социализирующего воздействия командного спорта является формирование социальной ответственности и навыков саморегуляции поведения в коллективе. Соблюдение правил игры, уважение к сопернику, готовность принять как победу, так и поражение воспитывают качества, необходимые для конструктивного участия в общественной жизни. Так баскетбол способствует не только социальной интеграции, но и гражданской социализации студенческой молодёжи, формируя ценности сотрудничества, справедливости и коллективизма.

Заключение. Командные виды спорта выступают эффективным фактором социальной интеграции студенческой молодёжи. Баскетбол как модель командного взаимодействия способствует развитию командной работы, коммуникативных навыков и групповой сплочённости, снижает риск социальной изоляции и обеспечивает включение студентов в систему социальных связей вуза. Социализирующий и интегративный потенциал командного спорта позволяет рассматривать его не только как средство физического воспитания, но и как важный инструмент социальной адаптации и гражданской социализации личности. Это обосновывает целесообразность более широкого использования командных видов спорта в воспитательной и социальной работе высших учебных заведений [3, с. 130].

Список использованной литературы:

1. Лубышева Л.И. Социология физической культуры и спорта: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия, 2018. – 272 с.
2. Столяров В.И. Социология физической культуры и спорта: учебник. – М.: Флинта; Наука, 2017. – 464 с.
3. Паначев В.Д. Спорт как социальный институт формирования личности студента // Социологические исследования. – 2016. – № 11. – С. 118–132.
4. Барчуков И. С. Физическая культура и спорт: методология, теория, практика : учебное пособие. – М.: Академия, 2017. – 528 с.
5. Нифонтов М.Ю. Командные виды спорта в системе физического воспитания студенческой молодёжи // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 4. – С. 42–45.
6. Бабушкин Г. Д. Психология командных взаимодействий в спорте: монография. – Омск: СибГУФК, 2016. – 196 с.

©Галиуллин А.Р., Покровская Т.Ю., 2026