

**Электронный периодический  
рецензируемый  
научный журнал**

**«SCI-ARTICLE.RU»**

<http://sci-article.ru>

**№83 (июль) 2020**

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>РЕДКОЛЛЕГИЯ</b> .....	<b>3</b>
<b>НЕЧАЕВ АЛЕКСЕЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВРАЩАЮЩИХСЯ ТЕЛ</b> .....	<b>11</b>
<b>КАЛДЫБАЕВА САФУРА САПАРГАЛИЕВНА. БЕЗРАБОТИЦА КАК СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА КАЗАХСТАНА В ГОДЫ НЕЗАВИСИМОСТИ (2001- 2018 ГГ.)</b> .....	<b>20</b>
<b>СВИРЩУК ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ. КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ПОЛЯ</b> .....	<b>27</b>
<b>НЕМАТОВ ДИЛШОД ДАВЛАТШОЕВИЧ. МД МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ИНКАПСУЛЯЦИИ НУКЛЕОТИДОВ В МАТРИЦЕ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ С НАНОЧАСТИЦАМИ ИЗ ЗОЛОТА</b> .....	<b>32</b>
<b>ДУБОВЕЦ ДЕНИС ЛЕОНИДОВИЧ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЧУГУНА</b> .....	<b>48</b>
<b>АБДУРАШИТОВ ФОЗИЛ МАМАТОВИЧ. ПОВСЕДНЕВНАЯ ЖИЗНЬ ТАДЖИКИСТАНЦЕВ В ГОДЫ ВОВ</b> .....	<b>52</b>
<b>ЛОБАНОВ ИГОРЬ ЕВГЕНЬЕВИЧ. АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПРОДОЛЬНОЙ СКОРОСТИ В ОДНОРЯДНОЙ СИСТЕМЕ ИМПАКТНЫХ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СТРУЙ, НАТЕКАЮЩИХ НА ПЛОСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ</b> .....	<b>64</b>
<b>СТЕПАНИУК ИВАН АНТОНОВИЧ. ПРОБЛЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ</b> .....	<b>80</b>
<b>МАТУС ЕКАТЕРИНА ВИТАЛЬЕВНА. НАПРАВЛЕНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ</b> .....	<b>93</b>

## Редколлегия

**Агакишиева Тахмина Сулейман кызы.** Доктор философии, научный сотрудник Института Философии, Социологии и Права при Национальной Академии Наук Азербайджана, г.Баку.

**Агманова Атиркуль Егембердиевна.** Доктор филологических наук, профессор кафедры теоретической и прикладной лингвистики Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева (Республика Казахстан, г. Астана).

**Александрова Елена Геннадьевна.** Доктор филологических наук, преподаватель-методист Омского учебного центра ФПС.

**Ахмедова Разият Абдуллаевна.** Доктор филологических наук, профессор кафедры литературы народов Дагестана Дагестанского государственного университета.

**Беззубко Лариса Владимировна.** Доктор наук по государственному управлению, кандидат экономических наук, профессор, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.

**Бежанидзе Ирина Зурабовна.** Доктор химических наук, профессор департамента химии Батумского Государственного университета им. Шота Руставели.

**Бублик Николай Александрович.** Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт садоводства Национальной академии аграрных наук Украины, г. Киев.

**Вишневский Петро Станиславович.** Доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной и инновационной деятельности Национального научного центра «Институт земледелия Национальной академии аграрных наук Украины», заведомо интеллектуальной собственности и инновационной деятельности.

**Галкин Александр Федорович.** Доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор Национального минерально-сырьевого университета "Горный", г. Санкт-Петербург.

**Головина Татьяна Александровна.** Доктор экономических наук, доцент кафедры "Экономика и менеджмент", ФГБОУ ВПО "Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс" г. Орел. Россия.

**Громов Владимир Геннадьевич.** Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного, экологического права и криминологии ФГБОУ ВО "Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского".

**Грошева Надежда Борисовна.** Доктор экономических наук, доцент, декан САФ БМБШ ИГУ.

**Дегтярь Андрей Олегович.** Доктор наук по государственному управлению, кандидат экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента и администрирования Харьковской государственной академии культуры.

**Евостропов Владимир Михайлович.** Доктор медицинских наук, профессор кафедры безопасности технологических процессов и производств, Донской государственной технической университет.

**Жолдубаева Ажар Куанышбековна.** Доктор философских наук, профессор кафедры религиоведения и культурологии факультета философии и политологии Казахского Национального Университета имени аль-Фараби (Казахстан, Алматы).

**Жураев Даврон Аслонкулович.** Доктор философии по физико-математическим наукам, доцент, Высшее военное авиационное училище республики Узбекистан.

**Зейналов Гусейн Гардаш оглы.** Доктор философских наук, профессор кафедры философии ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева».

**Зинченко Виктор Викторович.** Доктор философских наук, профессор, главный научный сотрудник Института высшего образования Национальной академии педагогических наук Украины; профессор Института общества Киевского университета имени Б. Гринченко; профессор, заведующий кафедрой менеджмента Украинского гуманитарного института; руководитель Международной лаборатории образовательных технологий Центра гуманитарного образования Национальной академии наук Украины. Действительный член The Philosophical Pedagogy Association. Действительный член Towarzystwa Pedagogiki Filozoficznej im. Bronisława F.Trentowskiego.

**Калягин Алексей Николаевич.** Доктор медицинских наук, профессор. Заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней ГБОУ ВПО "Иркутский государственный медицинский университет" Минздрава России, действительный член Академии энциклопедических наук, член-корреспондент Российской академии естествознания, Академии информатизации образования, Балтийской педагогической академии.

**Ковалева Светлана Викторовна.** Доктор философских наук, профессор кафедры истории и философии Костромского государственного технологического университета.

**Коваленко Елена Михайловна.** Доктор философских наук, профессор кафедры перевода и ИТЛ, Южный федеральный университет.

**Колесникова Галина Ивановна.** Доктор философских наук, доцент, член-корреспондент Российской академии естествознания, заслуженный деятель науки и образования, профессор кафедры Гуманитарных дисциплин Таганрожского института управления и экономики.

**Колесников Анатолий Сергеевич.** Доктор философских наук, профессор Института философии СПбГУ.

**Король Дмитрий Михайлович.** Доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой пропедевтики ортопедической стоматологии ВДНЗУ "Украинская медицинская стоматологическая академия".

**Кузьменко Игорь Николаевич.** Доктор философии в области математики и психологии. Генеральный директор ООО "РОСПРОРЫВ".

**Кучуков Магомед Мусаевич.** Доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой истории, философии и права Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им.В.М. Кокова.

**Лаверентьев Владимир Владимирович.** Доктор технических наук, доцент, академик РАЕ, МАНОИ, АПСН. Директор, заведующий кафедрой Горячеключевского филиала НОУ ВПО Московской академии предпринимательства при Правительстве Москвы.

**Лакота Елена Александровна.** Доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ "НИИСХ Юго-Востока", г. Саратов.

**Ланин Борис Александрович.** Доктор филологических наук, профессор, заведующий лабораторией ИСМО РАО.

**Лахтин Юрий Владимирович.** Доктор медицинских наук, доцент кафедры стоматологии и терапевтической стоматологии Харьковской медицинской академии последипломного образования.

**Лобанов Игорь Евгеньевич.** Доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, Московский авиационный институт.

**Лучинкина Анжелика Ильинична.** Доктор психологических наук, зав. кафедрой психологии Республиканского высшего учебного заведения "Крымский инженерно-педагогический университет".

**Луценко Евгений Вениаминович.** Доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий и систем ФГБОУ ВО "Кубанский ГАУ им.И.Т.Трубилина", г. Краснодар.

**Манцава Майя Михайловна.** Доктор медицинских наук, профессор, президент Международного Общества Реологов.

**Маслихин Александр Витальевич.** Доктор философских наук, профессор. Правительство Республики Марий Эл.

**Можаев Евгений Евгеньевич.** Доктор экономических наук, профессор, директор по научным и образовательным программам Национального агентства по энергосбережению и возобновляемым источникам энергии.

**Моторина Валентина Григорьевна.** Доктор педагогических наук, профессор, зав. кафедрой математики Харьковского национального педагогического университета им. Г.С. Сковороды.

**Набиев Алпаша Алибек.** Доктор наук по геоинформатике, старший преподаватель, географический факультет, кафедра физической географии, Бакинский государственный университет.

**Надькин Тимофей Дмитриевич.** Профессор кафедры отечественной истории и этнологии ФГБОУ ВПО "Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева", доктор исторических наук, доцент (Республика Мордовия, г. Саранск).

**Наумов Владимир Аркадьевич.** Заведующий кафедрой водных ресурсов и водопользования Калининградского государственного технического университета, доктор технических наук, профессор, кандидат физико-математических наук, член Российской инженерной академии, Российской академии естественных наук.

**Орехов Владимир Иванович.** Доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики инноваций ООО "Центр помощи профессиональным организациям".

**Ощепкова Юлия Игоревна.** Доктор химических наук, заведующий лаборатории ХБиП Института биоорганической химии АН РУз.

**Пащенко Владимир Филимонович.** Доктор технических наук, профессор, кафедра "Оптимізація технологічних систем імені Т.П. Євсюкова", ХНТУСГ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МЕХАНОТРОНІКИ І СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ.

**Пелецкис Кястутис Чесловович.** Доктор социальных наук, профессор экономики Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса.

**Петров Владислав Олегович.** Доктор искусствоведения, доцент ВАК, доцент кафедры теории и истории музыки Астраханской государственной консерватории, член-корреспондент РАЕ.

**Походенько-Чудакова Ирина Олеговна.** Доктор медицинских наук, профессор. Заведующий кафедрой хирургической стоматологии УО «Белорусский государственный медицинский университет».

**Предеус Наталия Владимировна.** Доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры Саратовского социально-экономического института (филиала) РЭУ им. Г.В. Плеханова.

**Розыходжаева Гульнора Ахмедовна.** Доктор медицинских наук, руководитель клинко-диагностического отдела Центральной клинической больницы №1 Медико-санитарного объединения; доцент кафедры ультразвуковой диагностики Ташкентского института повышения квалификации врачей; член Европейской ассоциации кардиоваскулярной профилактики и реабилитации (ЕАСРР), Европейского общества радиологии (ESR), член Европейского общества атеросклероза (ЕАС), член рабочих групп атеросклероза и сосудистой биологии

(„Atherosclerosis and Vascular Biology“), периферического кровообращения („Peripheral Circulation“), электронной кардиологии (e-cardiology) и сердечной недостаточности Европейского общества кардиологии (ESC), Ассоциации «Российский доплеровский клуб», Deutsche HerzStiftung.

**Сорокопудов Владимир Николаевич.** Доктор сельскохозяйственных наук, профессор. ФГАОУ ВПО "Белгородский государственный национальный исследовательский университет".

**Супрун Элина Владиславовна.** Доктор медицинских наук, профессор кафедры общей фармакологии и безопасности лекарств Национального фармацевтического университета, г.Харьков, Украина.

**Терецкий Владислав Иванович.** Доктор юридических наук, профессор кафедры гражданского права и процесса Харьковского национального университета внутренних дел.

**Трошин Александр Сергеевич.** Доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой менеджмента и внешнеэкономической деятельности, ФГБОУ ВО "Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова".

**Феофанов Александр Николаевич.** Доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО МГТУ "СТАНКИН".

**Хамраева Сайёра Насимовна.** Доктор экономических наук, доцент кафедры экономика, Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан.

**Чернова Ольга Анатольевна.** Доктор экономических наук, зав.кафедрой финансов и бухучета Южного федерального университета (филиал в г.Новошахтинске).

**Шедько Юрий Николаевич.** Доктор экономических наук, профессор кафедры государственного и муниципального управления Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

**Шелухин Николай Леонидович.** Доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой права и публичного администрирования Мариупольского государственного университета, г. Мариуполь, Украина.

**Шихнебиев Даир Абдулкеримович.** Доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной терапии №3 ГБОУ ВПО "Дагестанская государственная медицинская академия".

**Эшкурбанов Фуркат Бозорович.** Доктор химических наук, заведующий кафедрой Промышленных технологий Термезского государственного университета (Узбекистан).

**Яковенко Наталия Владимировна.** Доктор географических наук, профессор, профессор кафедры социально-экономической географии и регионоведения ФГБОУ ВПО "ВГУ".

**Абдуллаев Ахмед Маллаевич.** Кандидат физико-математических наук, профессор Ташкентского университета информационных технологий.

**Акпамбетова Камшат Макпалбаевна.** Кандидат географических наук, доцент Карагандинского государственного университета (Республика Казахстан).

**Ашмаров Игорь Анатольевич.** Кандидат экономических наук, доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Воронежский государственный институт искусств, профессор РАЕ.

**Бай Татьяна Владимировна.** Кандидат педагогических наук, доцент ФГБОУ ВПО "Южно-Уральский государственный университет" (национальный исследовательский университет).

**Бектурова Жанат Базарбаевна.** Кандидат филологических наук, доцент Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева (Республика Казахстан, г.Астана).

**Беляева Наталия Владимировна.** Кандидат филологических наук, доцент кафедры русского языка, литературы и методики преподавания Школы педагогики Дальневосточного федерального университета.

**Бозоров Бахритдин Махаммадиевич.** Кандидат биологических наук, доцент, зав.кафедрой "Физиология, генетика и биохимии" Самаркандского государственного университета Узбекистан.

**Бойко Наталья Николаевна.** Кандидат юридических наук, доцент. Стерлитамакский филиал ФГБОУ ВПО "БашГУ".

**Боровой Евгений Михайлович.** Кандидат философских наук, доцент, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (г. Новосибирск).

**Васильев Денис Владимирович.** Кандидат биологических наук, профессор, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии (г. Обнинск).

**Вицентий Александр Владимирович.** Кандидат технических наук, научный сотрудник, доцент кафедры информационных систем и технологий, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН, Кольский филиал ПетрГУ.

**Гайдученко Юрий Сергеевич.** Кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры анатомии, гистологии, физиологии и патологической анатомии ФГБОУ ВПО "Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина".

**Гресь Сергей Михайлович.** Кандидат исторических наук, доцент, Учреждение образования "Гродненский государственный медицинский университет", Республика Беларусь.

**Джумагалиева Куляш Валитхановна.** Кандидат исторических наук, доцент Казахской инженерно-технической академии, г.Астана, профессор Российской академии естествознания.

**Егорова Олеся Ивановна.** Кандидат филологических наук, старший преподаватель кафедры теории и практики перевода Сумского государственного университета (г. Сумы, Украина).

**Ермакова Елена Владимировна.** Кандидат педагогических наук, доцент, Ишимский государственный педагогический институт.

**Жерновникова Оксана Анатольевна.** Кандидат педагогических наук, доцент, Харьковский национальный педагогический университет имени Г.С. Сковороды.

**Жохова Елена Владимировна.** Кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии Государственного Бюджетного Образовательного Учреждения Высшего Профессионального Образования "Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия".

**Закирова Оксана Вячеславовна.** Кандидат филологических наук, доцент кафедры русского языка и контрастивного языкознания Елабужского института Казанского (Приволжского) федерального университета.

**Ивашина Татьяна Михайловна.** Кандидат филологических наук, доцент кафедры германской филологии Киевского Международного университета (Киев, Украина).

**Искендерова Сабира Джафар кызы.** Кандидат философских наук, старший научный сотрудник Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку. Институт Философии, Социологии и Права.

**Карякин Дмитрий Владимирович.** Кандидат технических наук, специальность 05.12.13 - системы, сети и устройства телекоммуникаций. Старший системный инженер компании Juniper Networks.

**Катков Юрий Николаевич.** Кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и налогообложения Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

**Кебалова Любовь Александровна.** Кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры геоэкологии и устойчивого развития Северо-Осетинского государственного университета имени К.Л. Хетагурова (Владикавказ).

**Климук Владимир Владимирович.** Кандидат экономических наук, ассоциированный профессор Региональной Академии менеджмента. Начальник учебно-методического отдела, доцент кафедры экономики и организации производства, Учреждение образования "Барановичский государственный университет".

**Кобланов Жоламан Таубаевич.** Ассоциированный профессор, кандидат филологических наук. Профессор кафедры казахского языка и литературы Каспийского государственного университета технологии и инжиниринга имени Шахмардана Есенова.

**Ковбан Андрей Владимирович.** Кандидат юридических наук, доцент кафедры административного и уголовного права, Одесская национальная морская академия, Украина.

**Кольцова Ирина Владимировна.** Кандидат психологических наук, старший преподаватель кафедры психологии, ГБОУ ВО "Ставропольский государственный педагогический институт" (г. Ставрополь).

**Короткова Надежда Владимировна.** Кандидат педагогических наук, доцент кафедры русского языка ФГБОУ ВПО "Липецкий государственный педагогический институт".

**Кузнецова Ирина Павловна.** Кандидат социологических наук. Докторант Санкт-Петербургского Университета, социологического факультета, член Российского общества социологов - РОС, член Европейской Социологической Ассоциации -ESA.

**Кузьмина Татьяна Ивановна.** Кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии ГБОУ ВПО "Московский городской психолого-педагогический университет", доцент кафедры специальной психологии и коррекционной педагогики НОУ ВПО "Московский психолого-социальный университет", член Международного общества по изучению развития поведения (ISSBD).

**Левкин Григорий Григорьевич.** Кандидат ветеринарных наук, доцент ФГБОУ ВПО "Омский государственный университет путей сообщения".

**Лушников Александр Александрович.** Кандидат исторических наук, член Международной Ассоциации славянских, восточноевропейских и евразийских исследований. Место работы: Центр технологического обучения г.Пензы, методист.

**Мелкадзе Нанули Самсоновна.** Кандидат филологических наук, доцент, преподаватель департамента славистики Кутаисского государственного университета.

**Назарова Ольга Петровна.** Кандидат технических наук, доцент кафедры Высшей математики и физики Таврического государственного агротехнологического университета (г. Мелитополь, Украина).

**Назмутдинов Ризабек Агзамович.** Кандидат психологических наук, доцент кафедры психологии, Костанайский государственный педагогический институт.

**Насимов Мурат Орленбаевич.** Кандидат политических наук. Проректор по воспитательной работе и международным связям университета "Болашак".

**Непомнящая Наталья Васильевна.** Кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и статистики, Сибирский федеральный университет.

**Олейник Татьяна Алексеевна.** Кандидат педагогических наук, доцент, профессор кафедры ИТ Харьковского национального педагогического университета имени Г.С.Сковороды.

**Орехова Татьяна Романовна.** Кандидат экономических наук, заведующий кафедрой управления инновациями в реальном секторе экономики ООО "Центр помощи профессиональным организациям".

**Остапенко Ольга Валериевна.** Кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры гистологии и эмбриологии Национального медицинского университета имени А.А. Богомольца (Киев, Украина).

**Поляков Евгений Михайлович.** Кандидат политических наук, преподаватель кафедры социологии и политологии ВГУ (Воронеж); Научный сотрудник (стажер-исследователь) Института перспективных гуманитарных исследований и технологий при МГУ (Москва).

**Попова Юлия Михайловна.** Кандидат экономических наук, доцент кафедры международной экономики и маркетинга Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка.

**Рамазанов Сайгим Манапович.** Кандидат экономических наук, профессор, главный эксперт ОАО «РусГидро», ведущий научный сотрудник, член-корреспондент Российской академии естественных наук.

**Рибцун Юлия Валентиновна.** Кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник лаборатории логопедии Института специальной педагогики Национальной академии педагогических наук Украины.

**Сазонов Сергей Юрьевич.** Кандидат технических наук, доцент кафедры Информационных систем и технологий ФГБОУ ВПО "Юго-Западный государственный университет".

**Саметова Фаузия Толеушайховна.** Кандидат филологических наук, профессор, проректор по воспитательной работе Академии Кайнар (Республика Казахстан, город Алматы).

**Сафронов Николай Степанович.** Кандидат экономических наук, действительный член РАЕН, заместитель Председателя отделения "Ресурсосбережение и возобновляемая энергетика". Генеральный директор Национального агентства по энергосбережению и возобновляемым источникам энергии, заместитель Председателя Подкомитета по энергоэффективности и возобновляемой энергетике Комитета по энергетической политике и энергоэффективности Российского союза промышленников и предпринимателей, сопредседатель Международной конфедерации неправительственных организаций с области ресурсосбережения, возобновляемой энергетике и устойчивого развития, ведущий научный сотрудник.

**Серода Евгения Витальевна.** Кандидат филологических наук, старший преподаватель Военной Академии МО РФ.

**Слизкова Елена Владимировна.** Кандидат педагогических наук, доцент кафедры социальной педагогики и педагогики детства ФГБОУ ВПО "Ишимский государственный педагогический институт им. П.П. Ершова".

**Смирнова Юлия Георгиевна.** Кандидат педагогических наук, ассоциированный профессор (доцент) Алматинского университета энергетики и связи.

**Франчук Татьяна Иосифовна.** Кандидат педагогических наук, доцент, Каменец-Подольский национальный университет имени Ивана Огиенка.

**Церцвадзе Мзия Гилаевна.** Кандидат филологических наук, профессор, Государственный университет им. А. Церетели (Грузия, Кутаиси).

**Чернышова Эльвира Петровна.** Кандидат философских наук, доцент, член СПбПО, член СД России. Заместитель директора по научной работе Института строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО "Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова".

**Шамутдинов Айдар Харисович.** Кандидат технических наук, доцент кафедры Омского автобронетанкового инженерного института.

**Шангина Елена Игоревна.** Кандидат технических наук, доктор педагогических наук, профессор, Зав. кафедрой Уральского государственного горного университета.

**Шапауов Алиби Кабыкенович.** Кандидат филологических наук, профессор. Казахстан. г.Кокшетау. Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова.

**Шаргородская Наталья Леонидовна.** Кандидат наук по госуправлению, помощник заместителя председателя Одесского областного совета.

**Шафиров Валерий Геннадьевич.** Кандидат юридических наук, профессор кафедры Аграрных отношений и кадрового обеспечения АПК, Врио ректора ФГБОУ ДПО «Российская академия кадрового обеспечения агропромышленного комплекса».

**Шошин Сергей Владимирович.** Кандидат юридических наук, доцент кафедры уголовного, экологического права и криминологии юридического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

**Яковлев Владимир Вячеславович.** Кандидат педагогических наук, профессор Российской Академии Естествознания, почетный доктор наук (DOCTOR OF SCIENCE, HONORIS CAUSA).

# ФИЗИКА

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВРАЩАЮЩИХСЯ ТЕЛ

**Нечаев Алексей Вячеславович**  
пенсионер

**Ключевые слова:** взаимодействие; вращение; притяжение; отталкивание; приливные ускорения; приливная волна; сильное взаимодействие; слабое взаимодействие

**Keywords:** interaction; rotation; attraction; repulsion; tidal acceleration; tidal wave; strong interaction; weak interaction

**Аннотация:** В статье рассматриваются особенности взаимодействия вращающихся тел и предлагается закон гравитационной индукции, который устанавливает общие закономерности движения вращающихся тел.

**Abstract:** The article discusses the features of interaction of rotating bodies and proposes the law of gravitational induction, which establishes General laws of motion of rotating bodies.

**УДК 53.02**

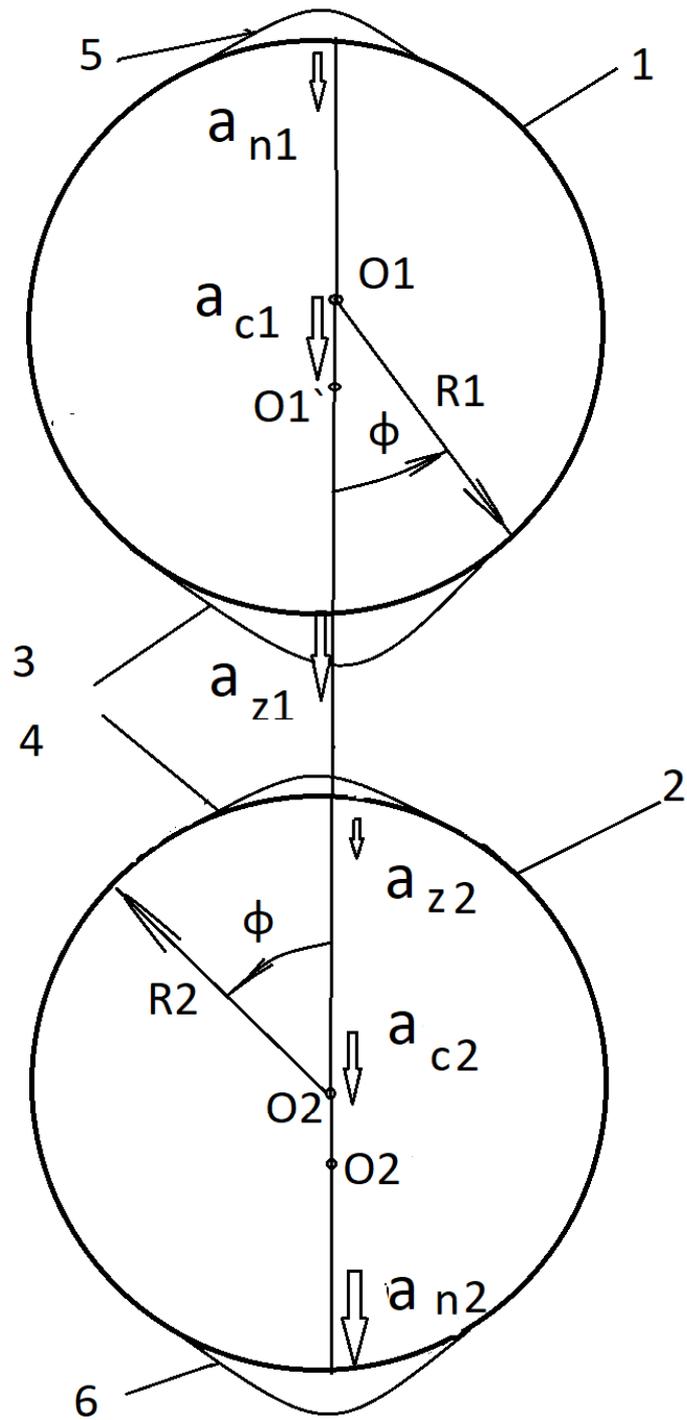
### **Введение**

Взаимодействие вращающихся тел осуществляется посредством приливных волн, являющихся волнами гравитационными и существование которых наукой в последнее время доказано (11 февраля 2016 года). Средой в которой осуществляется взаимодействие является физический вакуум (плотность 400 - 500 фотонов на см.<sup>^3</sup>; T = 2,725 К; F = 160 Гц.)

### **Актуальность**

В современной науке рассматривают четыре вида взаимодействия: сильное, слабое, гравитационное и электромагнитное. При этом гравитационное взаимодействие рассматривается в таком виде, в каком его сформулировал И. Ньютон; то есть в статическом состоянии невращающихся тел.

При отсутствии вращения двух тел [фиг.1] относительно друг друга взаимодействие их определяется взаимным притяжением с силой в соответствии с Законом всемирного тяготения, при этом имеются приливные ускорения. Приливные ускорения возникают из-за разности ускорений точек тел разноудаленных от источника гравитации.



фиг. 1 Взаимодействие тел не имеющих вращения.

$$\begin{aligned} \delta w_{zi} &= a_{zi} - a_{ci} \text{ (для точки зенита)} \\ \delta w_{ni} &= a_{ni} - a_{ci} \text{ (для точки надира)} \end{aligned} \quad [1]$$

где:  $a_{ci}$  – ускорение центра тела;

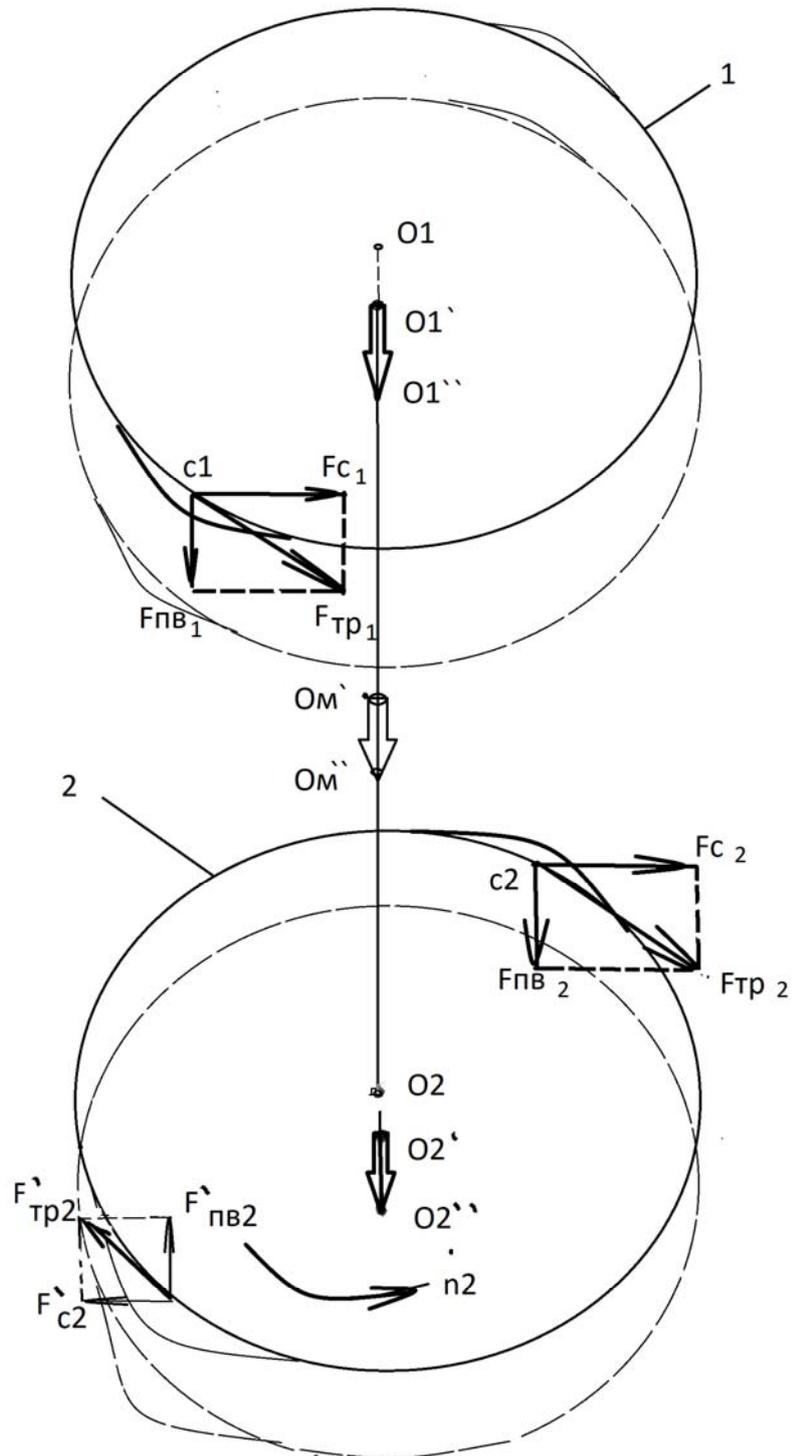
$a_{zi}$ ,  $a_{ni}$  - ускорения разноудаленных от центра точек тела .

Тело (1) находится под действием силы притяжения тела (2). Приливная волна на освещенной стороне преобладает над приливной волной на теневой стороне, центр инерции смещен в сторону источника силы притяжения. Предположим, что тело (1) отталкивает тело (2). Приливная волна на теневой стороне преобладает над приливной волной на освещенной стороне, центр инерции смещен в сторону от источника силы отталкивания.

### **Цели, задачи, материалы и методы.**

Таких, неврещающихся, тел в природе почти не существует. Все тела вращаются и взаимодействуют между собой приливными силами, которые являются проявлениями гравитационной индукции. Задачей данной статьи является выработка общих признаков для взаимодействия вращающихся тел с целью создания общего закона гравитационной индукции.

Для наглядности рассматривается взаимодействие двух тел (1) и (2) [фиг. 2], подобно Земле имеющих гидросферу.



фиг. 2 Взаимодействие вращающихся тел.

Вращающееся тело создает в окружающих телах приливную волну и в нем самом индуцируется приливные волны от окружающих тел. Приливная волна создает силу, величина которой зависит от скорости вращения тела, а направление от соотношения скоростей взаимодействующих тел. Тело (1) находится в гравитационном поле тела (2). На теле возникают приливные волны на освещенной стороне (3) и на теневой стороне (5). Для тела (1), имеющего меньшую скорость вращения и преобладание сил притягивающих, приливная волна на освещенной стороне превосходит по величине приливную волну на теневой стороне, но для тела (2), которое имеет большую скорость вращения и преобладание сил отталкивающих, приливная волна на теневой стороне (6) превосходит приливную волну на освещенной стороне (4). За счет этого происходит смещение центров инерции  $O_1$  и  $O_2$  в положение  $O_1$  и  $O_2$ , которое определяет направление перемещения тел при вращении в сторону тела, имеющего большую скорость вращения.

При вращении тела (1) с меньшей скоростью (для большей наглядности тело (1) показано не имеющим вращения) чем скорость тела (2) существует явление подкручивания, выражающегося в увеличении скорости тела (1) вследствие того, что приливная волна, индуцируемая на нем телом (2), увлекает за собой тело (1). Сила трения -  $F_{тр1}$  увеличивает скорость вращения тела (1) при помощи проекции  $-F_c$  и появляется проекция силы трения -  $F_{пв1}$  - сила приливной волны притягивающая тело (1) к телу (2). Эта сила действует вне зависимости от силы взаимного тяготения. При вращении тела (2) со скоростью большей чем скорость тела (1) наблюдается явление торможения, выражающееся в уменьшении скорости тела (2) вследствие того, что приливная волна, индуцируемая на нем телом (1) тормозит тело (2) и отталкивает тело (2) от тела (1) силой  $F_{пв2}$ . Эта сила действует вне зависимости от силы взаимного тяготения.

Векторная сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, не меняется с течением времени при любых движениях и взаимодействиях этих тел. При увеличении импульса момента тела (1) происходит уменьшение импульса момента тела (2), связанного с ним взаимодействием посредством гравитационных волн. При скорости тела (2) выше чем скорость тела (1) скорость тела (2) уменьшается, а скорость тела (1) увеличивается, при этом тело (1) притягивается к телу (2), а тело (2) отталкивается от тела (1). В результате тела формируют движение по спирали, хорошо известное в астрономии и наблюдаемое сейчас на примере бинарной системы PSRJ 1141-6545. Закон сохранения импульса не нарушается, а идет только перераспределение момента импульса между телами (1) и (2) при их взаимодействии;

Как бы ни двигались тела, образующие замкнутую группу, центр инерции (тяжести) будет покоиться. Центры инерции тел находятся в точках ( $O_1$ ) и ( $O_2$ ), находясь постоянно смещенными относительно своих геометрических центров ( $O_1$ ) и ( $O_2$ ) по причине неравенства приливных волн на полуденной и полуночной сторонах и в результате вращения смещаются в точки ( $O_1$ ) и ( $O_2$ ). Если тело притягивается другим телом, то центр инерции смещается в сторону полуденной линии [тело (1)] Если тело отталкивается от другого тела, то центр инерции смещается в сторону полуночной линии [тело (2)], и хотя приливная волна на полуночной стороне в этом случае будет больше, сила трения на полуночной стороне будет меньше чем на полуденной по причине того, что поток приливной волны на полуночной стороне направлен согласно с направлением вращения тела, а на полуденной направлен

встречно. Общий центр инерции перемещается из точки (Ом) в точку (Ом), то есть покоится относительно положения тел.

В соответствии с законом всемирного тяготения [1 с. 63] все тела взаимно притягиваются силой, которая рассчитывается по формуле

$$F = \frac{G \cdot M_1 \cdot M_2}{R^2} \quad [2]$$

где:

G - гравитационная постоянная;

M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> - массы небесных тел;

R - расстояние между телами

### Научная новизна.

Ускорение для тела (2), находящегося в гравитационном поле тела (1) может быть вычислено, если обе части выражения [2] поделить на M<sub>2</sub>, зная что F<sub>2</sub>=a<sub>2</sub>\*M<sub>2</sub>; F<sub>2</sub> = G\*M<sub>1</sub>\*M<sub>2</sub>/R<sup>2</sup>

$$\frac{a_2 \cdot M_2}{M_2} = \frac{G \cdot M_1 \cdot M_2}{M_2 \cdot R^2}$$

$$a_2 = \frac{G \cdot M_1}{R^2} \quad [3]$$

По своей физической сути приливное ускорение является производной от ускорения по расстоянию. Возьмем производную от выражения [3] по расстоянию (для наглядности берется только первая производная) [2 с. 106] получим:

$$w_2 = \frac{d(a_2)}{dR} = \frac{-2G \cdot M_1 \cdot d(R)}{R^3} \quad [4]$$

Величина изменения расстояния между точками на концах радиусов взаимодействующих тел (δR) определяется разностью проекций этих радиусов на ось соединяющую центры тел, при их вращении в одну сторону;

$$\delta(R) = [R_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t + \varphi_1) - R_2 \cos(\omega_2 \cdot t + \varphi_2)] \quad [5]$$

где:

ω<sub>1</sub>, ω<sub>2</sub> - угловые скорости вращения;

φ<sub>1</sub>, φ<sub>2</sub> - начальные углы вращения;

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> - радиусы небесных тел;

Выражение [5] является сложной функцией из-за наличия члена вида  $[\cos(\omega^* t + \varphi)]$ , который при дифференцировании примет вид  $[d(\cos(\omega^* t + \varphi))/dt = -\omega^* \sin(\omega^* t + \varphi)]$ ; Для простоты понимания берется только первая производная по времени, однако на практике могут быть взяты и производные других порядков и составлены тригонометрические ряды из них.

$$\frac{d(R)}{dt} = -R_1 \omega_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) + R_2 \omega_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2) \quad [6]$$

Производная по угловой скорости вращения берется аналогично производной по времени:

$$\frac{d(R)}{d\omega} = -t R_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) + t R_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2) \quad [7]$$

Формула [4] с учетом формул [6],[7] примет вид:

$$w_1 = \frac{2G_1 M_2 t [R_2 \omega_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2) - R_1 \omega_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1)] * [R_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) - R_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2)]}{R^3}$$

$$w_2 = \frac{2G_1 M_1 t [R_1 \omega_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) - R_2 \omega_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2)] * [R_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) - R_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2)]}{R^3} \quad [8]$$

где:  $G_1$  ( $m^2/kg \cdot sec.^2$ )- гравитационная постоянная для первой производной ускорения. Данная постоянная характерна только для конкретной пары тел и зависит от очень многих аргументов, которые детально могут быть рассмотрены в отдельной статье.

## Результаты, выводы.

Анализ формулы [8] показывает, что производная n-порядка имеет вид:

$$w_1(n) = \frac{(n+1) G_n M_2 t^n [R_1 \omega_1^n \sin(\omega_1 t + \varphi_1) - R_2 \omega_2^n \sin(\omega_2 t + \varphi_2)] * [R_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) - R_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2)]}{R^{2+n}}$$

$$w_2(n) = \frac{(n+1) G_n M_1 t^n [R_1 \omega_1^n \sin(\omega_1 t + \varphi_1) - R_2 \omega_2^n \sin(\omega_2 t + \varphi_2)] * [R_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) - R_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2)]}{R^{2+n}} \quad [9]$$

С ростом порядка производной и уменьшением расстояния между взаимодействующими телами ( $R_n$ ) значение  $w(n)$  стремится к бесконечности, так как числитель растет, а знаменатель бесконечно уменьшается. Это объясняет жесткость внутриядерных взаимодействий.

Анализ формулы [9] показывает, что при разнонаправленном вращении тел происходит взаимодействие подобное сильному ядерному взаимодействию, с взаимным раскручиванием тел и уменьшением дистанции или взаимным торможением тел с увеличением дистанции. Взаимное раскручивание означает, что тело скорость которого больше, имеет нагрузку в виде тела, скорость которого меньше и разность скоростей составляет гистерезис, который поменяет знак, если другое тело начнет увеличивать скорость. Аналогично и при взаимном торможении.

При однонаправленном вращении происходит взаимодействие подобное слабому ядерному взаимодействию с формированием орбит, среднее положение которых определяется законом всемирного притяжения И. Ньютона, а эксцентриситет определяется действием приливных сил. При сближении тел происходит усиление отталкивающих сил из-за увеличения скорости вращения тела (2), а при удалении происходит усиление притягивающих сил из-за уменьшения скорости вращения тела (2).

Взаимодействия сильное и слабое могут переходить из одного в другое, если одно из тел совершит полу- кувырок Джанибекова, причинами которого могут быть как действие внешних сил, так и уменьшение кинетического момента одного из тел. Если энергии телу хватает, то оно заканчивает кувырок, а если нет, то происходит переход в другой тип взаимодействия.

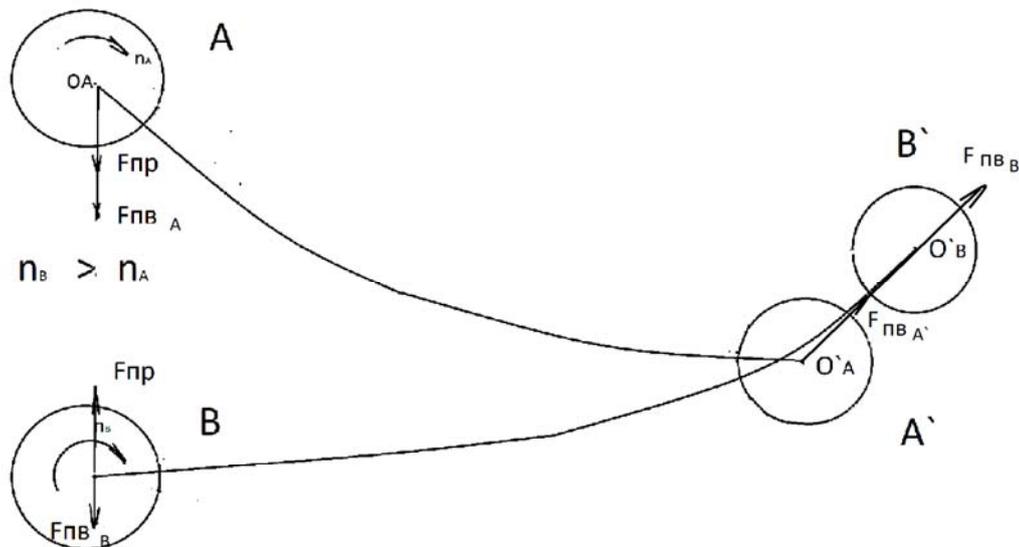
Приливные ускорения, а следовательно и силы приливной волны изменяются обратно пропорционально кубу (если взята только первая производная) расстояния, что выделяет действие их на фоне действия сил гравитационного притяжения, зависящих от обратной пропорции квадрата расстояния. Это послужило пониманию действия приливных сил, как дополнительному искривлению пространства вблизи массивных объектов Общей Теорией Относительности. А. Эйнштейн не понял, что смещение орбиты Меркурия, происходит из-за вращения Солнца. Академик А.Д. Сахаров предположил, что и второе тело должно влиять на свое ускорение, но и он не понял, что влияет оно своим вращением.

Приливное ускорение имеет множитель вида  $(t^* \omega)$ , что в масштабах Вселенной можно рассматривать как число оборотов фотонов реликтового микроволнового излучения с момента его появления. Главный вывод из этого можно сделать, что Вселенная не бесконечна и при достижении  $(t^* \omega) < 1$ , Вселенная начнет сворачиваться.

Гравитационная постоянная ( $G$ ) может измениться, так как она рассчитывалась для других целей. Это учитывается введением  $(G_1), (G_2) \dots (G_n)$  для различных порядков производных.

В соответствии с указанным законом происходит формирование спиралей галактик и вселенной. На рисунке 3 [фиг.3] изображено формирование спирали двумя космическими телами с разными угловыми скоростями вращения. Тело А притягивается к телу В силой взаимного притяжения  $F_{пр}$  и силой притяжения

приливной волны  $F_{пв}$ , при этом тело В притягивается к телу А силой взаимного притяжения  $F_{пр}$ , но отталкивается силой приливной волны  $F_{пв}$  (именно эту силу иногда принимают ошибочно за антигравитацию). Важной особенностью совместного движения двух тел является то, что тело, имеющее меньшую скорость вращения, будет всегда догонять тело, имеющее большую скорость вращения.



фиг. 3 Взаимодействие двух вращающихся тел

### Заключение.

И по характеру действия и по основным проявлениям гравитационная индукция сходна с электромагнитной индукцией и подчинена действию своих законов. Один из определяющих законов может стать закон "Взаимодействие вращающихся тел". Этот закон позволяет по новому взглянуть на многие вопросы, разрешить которые прежде было невозможно ( решение задачи трех тел, создание гравитационных движителей, гравитационных локаторов, гравитационных лагов, разделителей сред, понять природу "черных дыр", шаровой молнии и радиационных излучений и т.д.)

### Закон взаимодействия вращающихся тел.

При взаимодействии двух вращающихся тел, имеющих общую плоскость вращения, в теле, гравитационное поле которого вращается с меньшей скоростью, другим телом индуцируются приливные волны, результатом действия которых является увеличение скорости вращения тела и притягивание его к другому телу, а в теле, гравитационное поле которого вращается с большей скоростью, другим телом индуцируются приливные волны результатом действия которых является уменьшение скорости вращения тела и отталкивание его от другого тела.

**Литература:**

1. А.В.Перышкин, Е.М. Гутник, Физика. Учебник 9 класс. Москва: Вертикаль 2014 г.
2. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисление для ВТУЗОВ. т.1; 13-е издание; Наука; 1985. -560 с.

## **ИСТОРИЯ**

### **БЕЗРАБОТИЦА КАК СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА КАЗАХСТАНА В ГОДЫ НЕЗАВИСИМОСТИ (2001-2018 ГГ.)**

***Калдыбаева Сафура Сапаргалиевна***

магистр истории

Казахский национальный женский педагогический университет  
старший преподаватель

**Ключевые слова:** безработица; глобализация; возрастная группа; уровень образования; государственные программы

**Keywords:** unemployment; globalization; age group; level of education; government programs

**Аннотация:** В данной статье автор рассматривает безработицу как социально-экономическую проблему Казахстана в годы независимости (2001-2018гг.). Перечислены современные факторы, влияющие на возникновение проблем безработицы, определены его экономические и социальные последствия, влияющие на экономику страны. Дана оценка современному состоянию молодежной безработицы, раскрыта специфика безработицы по структурному и образовательному уровню. Определены перспективы управления безработицей на государственном уровне.

**Abstract:** In this article, the author considers unemployment as a socio-economic problem of Kazakhstan in the years of independence (2001-2018). modern factors that affect the emergence of unemployment problems are Listed, and its economic and social consequences that affect the country's economy are determined. The assessment of the current state of youth unemployment is given, and the specifics of unemployment at the structural and educational level are revealed. The prospects for managing unemployment at the state level are defined.

**УДК 9.332.055**

**Введение.** Социально-экономическое развитие любого общества в эпоху глобализации изменяет структуру общего спроса на рабочую силу на рынке труда. В связи с современными изменениями некоторые виды профессий сокращаются, а другие формы наоборот увеличиваются в соответствии с спросом. В последние годы качественные изменения во всей системе социальных отношений привели к возникновению ряда актуальных проблем, которые необходимо решить в стране.

**Актуальность проблемы.** Укрепление новых социальных отношений в основном связано с формированием цивилизованного рынка труда, поэтому в современных условиях труд остается ключевым фактором производства. В эпоху глобализации экономическая стабильность, социальный потенциал стран мира измеряются показателями занятости населения. Экономический рост любого государства показывает уровень безработицы.

По данным Организации Объединенных Наций, в 2019 году 15 и старше (т.е. население трудоспособного возраста) составили 5,7 млрд человек (население мира). Из данного показателя 57% или 3,3 млрд человек заняты, 188 млн человек безработные [1, с. 16].

Исследования международной организации труда (МОТ) показывает, что в 2019 году составивших 188 млн человек, ожидается рост числа безработных в мире еще на 2,5 млн в текущем году. Среди стран Европейского Союза в январе 2020 года минимальные показатели безработицы зафиксированы в Чехии (2,0%), Польше (2,9%) и Нидерландах (3,0%), а самые высокие показатели - в Греции (16,5%) и Испании (13,7%). Среди постсоветских стран в 2018 году, по официальным данным, самые высокие показатели уровня безработицы в Армении – 20,4%, Узбекистане - 9,3%, Украине - 8,8% и Кыргызстане - 6,2%.

Таким образом, безработица во многом отрицательно влияет на экономику, политику, а также на социальные отношения. Вместе с тем, недоиспользование человеческого капитала, снижение потенциальных отечественных продуктов и национальных доходов, углубление социальной дифференциации, ухудшение материального положения населения, нестабильность развития общества. Если этот процесс будет рассматриваться на национальном уровне, то он напрямую зависит от объема территории, ее природно-климатических условий, уровня экономической структуры, места, где промышленность занимает эту экономическую структуру, а также от того, по каким отраслям и типам предприятия получит приоритет. В странах с развитой экономикой национальный рынок труда создавался и развивался на протяжении десятилетий. А последствия перехода Республики Казахстан к рыночной экономике оказали большое влияние на уровень и структуру занятости населения.

В Законе Республики Казахстан от 06.04.2016г. №482-V «О занятости населения» указано: «занятость населения - трудовая деятельность, связанная с удовлетворением личных и общественных потребностей, не противоречащая законодательству Республики Казахстан, приносящая заработок или доход" [2, с. 8].

Следовательно, безработица - это явление, которое может произойти из-за возникновения социально-экономических факторов, препятствующих занятию личности.

**Целью** данного исследования является, статистический анализ безработицы в Республике Казахстан.

**Задачи:** определение видов безработицы и особенностей безработицы; статистика динамики и структурный анализ безработицы; роль государства в решении проблемы безработицы.

**Методы исследования.** Используются статистические методы (средние величины, относительная величина, структурный анализ), расчеты осуществлены в программе пакетов "Excel".

**Научная новизна.** Важность проведения своевременной и достоверной оценки количества безработных и использовать полученные оценки при разработке и реализации программ, направленных на повышение социально-экономического развития.

В экономической литературе безработица классифицируется в зависимости от причин возникновения, степени учитываемости, характеру проявления, степени охвата экономики, а также социально-экономического состава безработных. В теоретических исследованиях чаще других выделяют фрикционную, структурную и циклическую безработицу. Такая градация связана в основном со спецификой функционирования рынка труда и особенностями трудового поведения человека [3, с. 109].

На сегодняшний день к числу факторов, влияющих на возникновение проблемы безработицы, можно отнести следующее:

- экономический кризис государства;
- социальное положение населения;
- инфляция;
- развитие научно-технического прогресса, устанавливающего новые требования к качеству труда;
- недостаток или отсутствие рабочих мест.

Безработица имеет экономические и социальные последствия, влияющие на экономику страны. К негативным экономическим последствиям можно отнести сокращение объемов производства, снижение уровня жизни, затраты на содействие безработным, снижение налоговых поступлений. А также к негативным социальным последствиям относятся усиление социальной напряженности и обострение криминальной ситуации.

Структура рынка труда характеризуется соотношением профессионально-квалификационных и социальных групп, по которым анализируются спрос и предложение. Сегментация рынка труда является важнейшей характеристикой его структуры, определяющей разделение рабочих мест и работников на относительно устойчивые сектора, ограничивающие мобильность рабочей силы. Сегментация рынков труда происходит по демографическим признакам: рынок труда женщин (для него характерны возможные продолжительные перерывы в работе, снижение профессиональных способностей); рынок труда молодежи (его особенность – высокая мобильность, низкий уровень квалификации); рынок труда пенсионеров и лиц предпенсионного возраста (для него характерны низкая экономическая активность, невысокая производительность труда). По критерию социальной группы: рынок преимущественного физического труда (рабочие); рынок преимущественного умственного труда (служащие); рынок преимущественного творческого труда (научная и художественная интеллигенция); рынок труда менеджеров и специалистов (техническая интеллигенция, директорский корпус, предприниматели); рынок крестьянского труда (включая фермеров) [4, с. 10].

Спрос на рабочую силу определяется как потребностью работодателя в рабочей силе, так и инициативой количества и состава трудоустроенных, а также их возраст и пол, образование, профессиональная компетентность.

Во всех странах мира существует различие в распределении безработицы по различным возрастным группам и половой структуре. Поэтому понятно, что при изучении проблем безработицы в Казахстане необходимо разработать программные меры по снижению причин и уровня рассматриваемой проблемы, уделяя особое внимание конструктивным особенностям. В современном мире наблюдается динамичный рост уровня безработицы среди молодежи в возрасте до 25 лет. Например, в странах Европы безработица среди молодежи показала самые высокие показатели в 2009 году. В частности, в Италии 29%, Испании 42,8% и Франции четверть безработного населения составляли молодежную безработицу.

Анализ мировых тенденций в области молодежной безработицы показывает, что стремительное развитие технологий, изменения в организации труда и трудовых отношениях, а также новые формы предпринимательства требуют постоянно адаптироваться к новым условиям рынка труда и приводить профессиональные навыки в соответствие с потребностями рынка труда [5, с. 55].

Рассматривая особенности безработицы в Казахстане, выясняется, что распространение безработицы среди возрастных групп в стране соответствует мировым тенденциям, но имеет свои особенности. Для признания характера специфики безработицы в Казахстане были представлены ниже данные таблицы – 1. [6]

**Таблица -1. Группировка безработного населения по возрастным группам, 2001-2018гг.**

Годы	2001		2004		2008		2012		2015		2018	
	тыс.	в	тыс.	в	тыс.	в	тыс.	в	тыс.	в	тыс.	в
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
Безработное население , всего	780,3	100	658,8	100	557,8	100	474,8	100	450,7	100	443,6	100
15-24	240,3	30,8	191,6	29,08	96,6	17,3	50,1	1,5	53,8	12,0	37	8,3
25-34	198,8	25,5	194,7	29,6	199,9	35,8	182,1	38,3	171,4	38	178,9	40,3
35-44	186,6	23,9	132	20	103	18,5	105,4	22,2	97,4	21,6	96,4	21,7
44-54	118,1	15,1	109,5	16,6	107,5	19,2	98,1	20,7	85,9	19,1	80,2	18,1
55-64	33,3	4,3	30,9	4,7	51	9,1	39,3	8,3	42,1	9,3	51,2	11,5
65 и выше	3,2	0,4	0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: Таблица составлена автором на основе литературы[6]

Согласно данным данной таблицы, за последние восемнадцать лет уровень безработицы в РК снизился с 780,3 тыс. человек в 2001 году до 443,6 тыс. человек в 2018 году. Так, в 2018 году по сравнению с 2011 годом снижено до 56,9%. Вместе с тем, можно заметить, что численность безработных по возрастным группам претерпела ряд изменений. В 2001 году, как и во многих странах мира, доля безработных в возрасте 15-24 лет начинает уменьшаться с 2004 года, в результате

возросла безработица в возрасте 25-34 лет. Так, если в 2004 году их доля составляла 29,6%, то в 2018 году-40,3%. В рассматриваемый период трудно объяснить резкое снижение доли безработных в возрасте 15-24 лет и рост доли безработных в возрасте 25-34 лет из-за отсутствия политики занятости молодежи.

Также надо понимать, что на этот возраст (25-34) приходятся важные социальные и демографические события в жизненном цикле человека: завершение общего образования; выбор профессии; получение профессиональной подготовки и специальности; начало трудовой деятельности; вступление в брак; рождение детей и т.д.

Для понимания сущности этого явления рассмотрим в динамической таблице изменения возрастных групп, характеризующих изменение структуры экономически активного населения в 2001-2018 годах.

### Рисунок 1 - Безработица по возрастной структуре РК, в %

Примечание: составлена автором на основе литературы[6]

Как показывает рис.1., доля безработных в возрасте от 25 до 34 лет объясняется сохранением безработицы среди молодежи. Эта возрастная безработица является актуальной проблемой для общества. Следовательно, в Казахстане отличается «структурным» видом безработицы. «Структурная» в виде безработицы тесно связана с изменением спроса на рынке труда и технологии производства. Для зарегистрированных безработных в стране в возрасте от 25 до 34 лет, повышение квалификации, освоение современных технологий и освоение новой профессии создают определенные трудности. К примеру, свидетельством тому может стать разрыв между теорией и практикой в высших учебных заведениях.

По данным мировой статистики труда в странах Европы уровень безработицы среди специалистов с высшим образованием низкий. Так как специалисты с высшим образованием конкурентоспособны и быстро адаптируются к потребностям рынка, быстро осваивая спрос и технологии производства на рынке труда. [7, с. 263]

Рассмотрим влияние уровня знаний на динамику безработицы в Казахстане на основе показателей приведенной ниже таблицы 2.

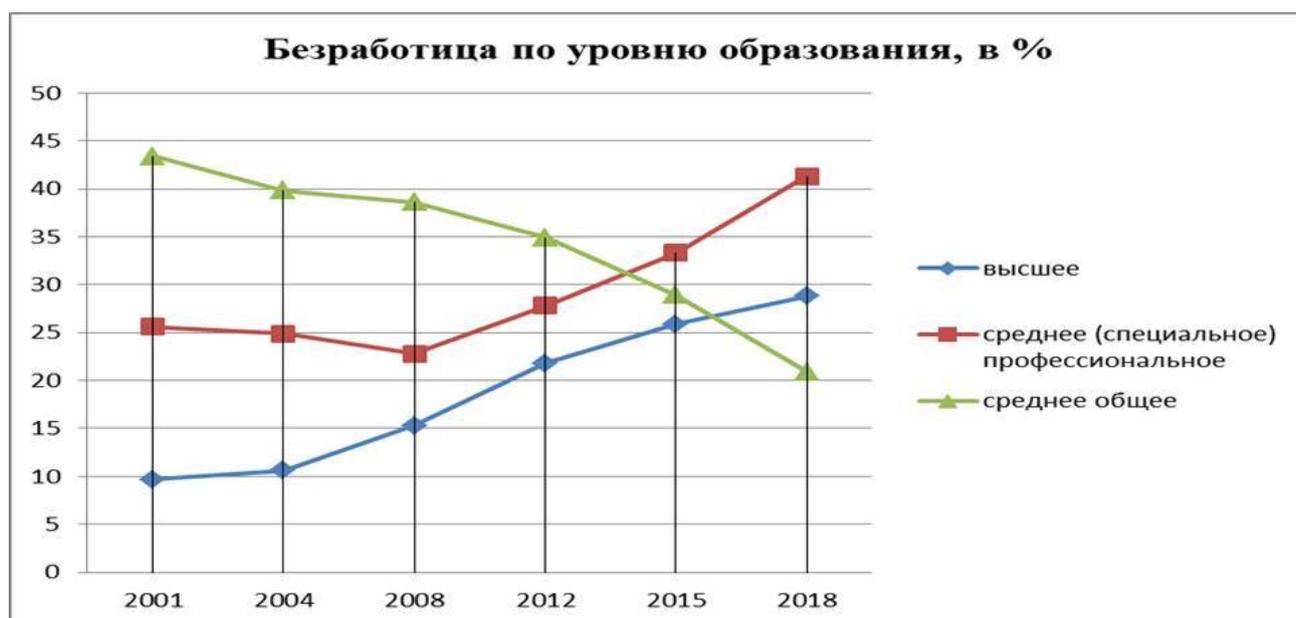
**Таблица – 2. Безработица по уровню образования, в %**

Годы	2001	2004	2008	2012	2015	2018
Безработное население, всего	100	100	100	100	100	100
Из них:						
Высшее	9,7	10,6	15,3	21,8	25,9	28,8
Неоконченное высшее	3,2	4,2	7	4,7	3,3	1,9
Среднее (специальное) профессиональное	25,6	24,9	22,8	27,8	33,3	41,3
Начальное профессиональное	7,4	13,2	9,9	7,4	6,3	5,2
Общая средняя	43,4	39,8	38,6	34,9	28,9	20,9

Среднее основные	7,9	6,2	5,6	3,3	2,1	1,8
Общее начальное	2,8	1,1	0,8	0,1	0,3	0,1

Примечание: составлена автором на основе литературы[6]

В структуре безработного населения на протяжении рассматриваемого периода наблюдается устойчивый рост доли безработных, имеющих высшее образование. Если их доля в 2001 году составила 9,7% от всех безработных, то в 2015 году 25,9% от общего числа безработных. В 2018 году безработные, имеющие высшее и среднее профессиональное образование, составили 72 % от общего числа безработных. В диаграмме (рис. 2) приведена доля безработных в % по основным уровням образования.



**Рисунок – 2. Безработица по уровню образования, в %**

Примечание: составлена автором на основе литературы[5]

А доля безработных, имеющих начальное профессиональное и общее среднее образование (Таблица 3), наоборот идет на снижение. В 2001 году их доля составила 50,8 % от общей численности безработных, в 2018 году-26,1%. По приведенным данным, в отличие от специалистов с высшим образованием, наблюдается рост спроса на рабочую силу начальным профессиональным образованием.

Исходя из приведенных данных, можно заметить, что уровень образования в стране имеет низкую роль в занятости. Вышеуказанные недостатки в системе подготовки кадров высшего и среднего профессионального образования снижают адаптацию кадров к потребностям экономики.

В ходе нашей исследовательской работы мы заметили, что за годы независимости в стране мало проводятся социологических исследований по изучению потребностей в экономике квалифицированных специалистов. В этой связи на рынке труда существует большое неравенство между спросом и предложением по отдельным

специальностям. Приведенные данные подтверждают достоверность выводов, как и пришло время переходить на интегрированную систему профессиональной подготовки кадров с акцентом на реальные потребности экономики.

В любом государстве создаются программы для решения приоритетных задач развития. Так как безработица является важной макроэкономической проблемой, государство предлагает пути снижения уровня безработицы.

В целях организации устойчивой занятости и снижения уровня безработицы в качестве законного продолжения дорожной карты 2009-2010 годов принята программа «Дорожная карта занятости - 2020», утвержденная Постановлением Правительства РК от 31 марта 2015 года №162. Основная задача программы: привлечение самостоятельно занятых, безработных и лиц, входящих в целевые группы населения, к активным мерам содействия занятости; развитие кадрового потенциала, в том числе кадрового потенциала для реализации государственной программы индустриально-инновационного развития РК.; совершенствование системы оказания адресной социальной помощи.

В целях содействия продуктивной занятости населения и вовлечения граждан в предпринимательство принята программа «Продуктивная занятость и развитие предпринимательства 2017-2021». Основные задачи директивы преследуют задачи, связанные с подготовкой кадров технического и профессионального образования, краткосрочного профессионального обучения, обучения основам предпринимательства, расширения микрокредитования. В результате реализации вышеназванных мероприятий в 2021 году, по прогнозам, уровень безработицы не будет превышать 4,8%, число непродуктивно занятых в общем числе самозанятых не будет превышать 10%, рост субъектов малого и среднего бизнеса составит 10%. [8]

В целях снижения молодежной безработицы в рамках программы «Дорожная карта бизнеса 2020» создана программа «Молодежная практика». Задача программы заключается в том, чтобы безработному населению, имеющему образование в возрасте от 18 до 29 лет, накопить первоначальный опыт работы и обеспечить постоянную работу.

Подводя итоги, есть полная основа для того, чтобы сказать, что Казахстан пережил кризис 90-х годов и вышел на новый уровень развития. Тем не менее, проблема безработицы, молодежной безработицы остается одним из важнейших вопросов.

## **Вывод**

В целях снижения молодежной безработицы в рамках программы «Дорожная карта бизнеса-2020» разработана государственная образовательная программа «Молодежная практика», где дан старт поддержки безработной образованной молодежи в возрасте от 18 до 29 лет в вопросах накопления первоначального профессионального производственного опыта работы с дальнейшим трудоустройством.

Подытоживая вышесказанное, можно с уверенностью отметить, что Казахстан несмотря на пережитой кризис 90-х годов вышел на новый уровень экономического развития, где безработицы, особенно молодежная, до сих пор остается одной из наболевшей проблемой развивающегося общества.

**Литература:**

1. World Employment and Social Outlook – Trends 2020, С.16
2. Закон Республики Казахстан "О занятости населения" от 6 апреля 2016 года № 482-V ЗРК
3. Абрамкина Д.А. Структурная безработица как индикатор несогласованности спроса и предложения на рынке труда: профессионально-квалификационный аспект //Вестник НГИЭИ. 2020. № 1 (104), С. 109
4. Костюк Л.Д. Рынок труда: Учебное пособие для подготовки бакалавров по направлению «Экономика». – М.: МИИТ, 2013, С. 10
5. Вирина И. В. // Молодежь и безработица: ситуация в мире, //Научные труды Московского гуманитарного университета 2016, № 5, С. 52
6. www.stat.gov.kz Официальный сайт Комитета по статистике МНЭ РК
7. Нурмагамбетов А. М. «Рынок труда: правовые проблемы и перспективы "Алматы: ТОО "Издательство", 2014, С. 263
8. Программа «Дорожная карта занятости 2020» (Утверждена Постановлением Правительства РК от 31 марта 2015 года № 162).

**ФИЗИКА****КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ПОЛЯ**

**Свирищук Владимир Владимирович**  
инженер-исследователь

**Ключевые слова:** теория всего; субатомные частицы; частицы материи; фотоны; структуры

**Keywords:** theory of everything; particles; matter particles; photons; structures

**Аннотация:** В статье реализуется идея Эйнштейна о том, что гравитационное и электромагнитное поле едино, то есть идея единого поля. Пространство в физике включает в себя материю и состоящие из материи материальные объекты. Первичными источниками создания субатомных частиц в физическом пространстве являются электрические и хиггсовские частицы материи. Только путём объединения электрических и хиггсовских частиц материи создаются структуры субатомных частиц. Предлагается структурная модель фотона, созданная путём объединения электрических и хиггсовских частиц материи в структуры посредством фундаментальных взаимодействий. В структуре фотона создаются электрические дипольные, хиггсовские дипольные, электромагнитные и хиггсовскомагнитные частицы. Фотон является нейтральной частицей, так как состоит из электрических и хиггсовских диполей. В фотоне создаются близкодействующие частотные пространства, заполненные электрическими и хиггсовскими частицами материи.

**Abstract:** The article implements Einstein's idea that the gravitational and electromagnetic fields are one, that is, the idea of a single field. Space in physics includes matter and material objects consisting of matter. The primary sources of subatomic particle creation in physical space are electrical and Higgs matter particles. Only by combining electric and Higgs particles of matter are the structures of subatomic particles created. A structural

model of a photon is proposed, created by combining electric and Higgs particles of matter into structures through fundamental interactions. In the structure of the photon, electric dipole, Higgs dipole, electromagnetic and Higgs magnetic particles are created. The photon is a neutral particle, since it consists of electric and Higgs dipoles. In the photon, close-acting frequency spaces are created, filled with electric and Higgs particles of matter.

## УДК 539.12.01

### Введение

Несмотря на активные исследования с помощью существующих понятий и моделей теория квантовой гравитации не построена. Необходимы новые научные и технические решения, нужны новые идеи. Суть новой идеи в следующем - в физическом вакууме существует хиггсовское поле, в структуре фотона существуют хиггсовскоэлектромагнитные частицы и античастицы.

В квантовой физике существует утверждение, что электромагнитное поле является полной характеристикой электромагнитного излучения и фотонов и, что движение электромагнитного излучения и фотонов осуществляется в результате перехода магнитного поля в электрическое поле и обратно. Данные утверждения являются ложными и вот почему:

1. Если бы существовал предлагаемый принцип движения электромагнитного излучения и фотонов, тогда постоянно происходили бы потери энергии, затраченные на осуществление данного принципа движения и, частицы электромагнитного излучения и фотоны далеко не улетели.
2. Электромагнитное поле в частицах электромагнитного излучения и фотонах являются поперечными к направлению движения и необходим механизм, удерживающий его в направлении движения. Электромагнитное поле не является самоорганизующейся структурой.
3. Также необходим механизм, обеспечивающий направленное движение электромагнитного поля, иначе его движение будет хаотическим в пространстве.

Существует утверждение, что электромагнитные поля способны создавать расслоения в виде объединения между собой поперечных электромагнитных полей одной мощности, но объединить между собой расслоения разной мощности возможно только с помощью продольных хиггсовскомагнитных частиц. При релятивистских скоростях субатомных частиц поперечные электромагнитные поля не подвергаются деформации, а продольные хиггсовскомагнитные поля подвержены деформации. Следовательно, вещественные частицы и фотоны могут быть созданы только с помощью хиггсовскоэлектромагнитных частиц.

В релятивистских моделях пространство-время определяют пульсирующие вещественные частицы, имеющие в состоянии покоя баланс между испускаемыми и поглощаемыми частицами материи в далекодействующие частотные пространства. В случае нарушения баланса, взаимодействие между вещественными частицами, изменяются координаты пространства-времени вещественной частицы. Фотон не имеет внешнего пространства-времени и в пустоте всегда движется с максимальной скоростью.

Хиггсовские поля замедляют течение времени в вещественных частицах, образуя хиггсовские диполи в частотных пространствах, и нарушают баланс вещественной частицы, искажая пространство-время.

Существуют попытки совместного описания электромагнитных и гравитационных полей, исходя из подобия уравнений поля. Например, в работе Федосина С.Г. оба поля объединяются в единое электрогравитационное поле [1]. Науменко Ю. В. предложил свой вариант объединения полей [2]. Модель электро-гравимагнитного поля с помощью бикватернионов строит Алексеева Л.А. [3].

### **Хиггсовскоэлектромагнитные частицы и античастицы**

В пространстве Вселенной хиггсовское поле имеет структуру, состоящую из одного вида материи и, взаимодействует со структурами частиц, имеющие этот вид материи. Структура хиггсовского поля изменяется в локальных областях под действием вещественных частиц.

Электромагнитная волна и нейтрино имеют собственные структуры и, каждая состоит из двух видов материи, причем один вид материи является общим. Электромагнитные волны и нейтрино взаимодействует с хиггсовским полем так, что они распространяется в вакууме всегда со скоростью света.

Вещественные частицы имеют собственные структуры, и состоят из трех видов материи. Вещественные частицы с помощью собственных полей изменяют структуру хиггсовского поля, и взаимодействуют с хиггсовским полем так, что они не могут двигаться со скоростью света.

Вещественные частицы и, электромагнитные волны и нейтрино, имеют различные принципы движения в хиггсовских полях.

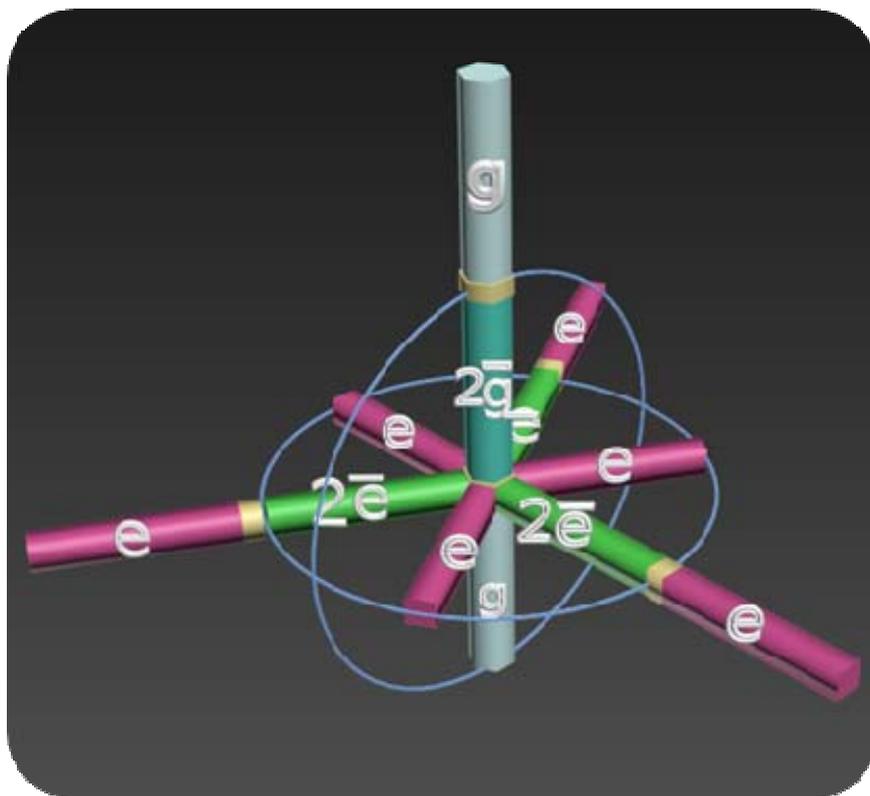
Источниками движения субатомных частиц являются хиггсовские взаимодействия. Хиггсовскоэлектромагнитные частицы и античастицы обладает свойствами, которые проявляется в виде физических явлений:

1. Хиггсовскоэлектромагнитные частицы и античастицы состоят из электрических и хиггсовских частиц материи. Существуют множества структурированных величин — первичных частиц и античастиц материи (хиггсовские и электрические) разных мощностей. Частицы и античастицы материи способны к объединению в общую структуру и созданию субатомных частиц. Они имеют пространства взаимодействия и, аналитическое и графическое отображения.
2. Существует механизм объединения первичных частиц материи, создающий — электрические и хиггсовские диполи. Существуют множества структурированных величин электрических и хиггсовских диполей разных мощностей, имеющие аналитическое и графическое отображение.
3. Существует механизм объединения диполей с помощью сильных фундаментальных взаимодействий, создающий фундаментальные электромагнитные и хиггсовскомагнитные частицы и античастицы. Существуют множества структурированных величин — фундаментальных электромагнитных и хиггсовскомагнитных частиц и античастиц разных мощностей, имеющие аналитическое и графическое отображение.

4. Существует механизм соединения трех фундаментальных электромагнитных частиц (античастиц) и одной фундаментальной хиггсовскомагнитной частицы (античастицы) одинаковых мощностей, создающий хиггсовскоэлектромагнитные частицы и античастицы. Существуют множества структурированных величин хиггсовскоэлектромагнитных частиц и античастиц (квантов энергии) разных мощностей, имеющие аналитическое и графическое отображение.
5. Существует механизм соединения хиггсовскоэлектромагнитных частиц и античастиц, создающий нейтрино, имеющие аналитическое и графическое отображение.
6. Существует механизм соединения хиггсовскоэлектромагнитных частиц и античастиц, создающий частицы фотоны, имеющие аналитическое и графическое отображение.
7. Существует механизм соединения хиггсовскоэлектромагнитных частиц и античастиц и нейтрино, создающий вещественные частицы, имеющие аналитическое и графическое отображение.
8. Существует механизм создания субатомными частицами частотных пространств заполненных электрическими и хиггсовскими частицами материи и, электрическими и хиггсовскими диполями. Существуют множества структурированных величин – частиц материи и диполей, расположенных в частотных пространствах вещественных частиц, имеющие аналитическое и графическое отображение.
9. Существуют механизмы создания отдельных свойств субатомных частиц, которые имеют аналитическое и графическое отображение:
  - 9.1. Существует механизм создания структуры субатомных частиц,
  - 9.2. Существует механизм создания спина вещественных частиц.
  - 9.3. Существует механизм создания электрических и хиггсовских частотных пространств субатомных частиц.
  - 9.4. Существует механизм создания гравитации вещественными частицами.
  - 9.5. Существует механизм создания движения хиггсовскоэлектромагнитных частиц и античастиц в результате взаимодействия фундаментальных электромагнитных и хиггсовских частиц и античастиц.
  - 9.6. Существует механизм создания движения вещественных частиц в результате образования диполей в частотных пространствах.
  - 9.7. Существует механизм создания взаимодействий между вещественными частицами.

Интерпретация всех типов свойств субатомных частиц, представляет собой центральную идею базисной концепции геометризации физики.

Квант хиггсовскоэлектромагнитного излучения изображен на рисунке 1, где  $\bar{e}$  и  $e$  — электрические античастицы и частицы материи,  $\bar{g}$  и  $g$  — хиггсовские античастицы и частицы материи. Механизм создания кванта хиггсовскоэлектромагнитного излучения понятен из рисунка.



**Рисунок 1. Квант хиггсовскоэлектромагнитного излучения**

### **Заключение**

Существование самостоятельных электромагнитных полей является ложным понятием. В действительности существуют хиггсовскоэлектромагнитные частицы и античастицы, создающие хиггсовскоэлектромагнитное излучение и фотоны.

Фотоны не являются переносчиками взаимодействий. Переносчиками взаимодействий между субатомными частицами являются электрические и хиггсовские частицы материи.

В предлагаемой вниманию читателей статье сделана попытка изложить основные концепции фундаментальной физики субатомных частиц без математического отображения, что неизбежно привело бы к возникновению непреодолимых противоречий со Стандартной моделью.

### **Литература:**

1. Федосин С.Г. Физика и философия подобия от преонов до метagalactic, Пермь: Стиль-МГ, 1999.
2. Науменко Ю. В. Единая теория векторных полей (от электродинамики Максвелла к единой теории поля). Армавир, Армавирское полиграф-предприятие, 2006.
3. Алексеева Л.А. Одна бикватернионная модель электро-гравимагнитного поля. Полевые аналоги законов Ньютона. 11 Mar. 2007.

# ФИЗИКА, НАНОТЕХНОЛОГИИ

## МД МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ИНКАПСУЛЯЦИИ НУКЛЕОТИДОВ В МАТРИЦЕ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ С НАНОЧАСТИЦАМИ ИЗ ЗОЛОТА

**Нематов Дилшод Давлатшоевич**

кандидат технических наук

Таджикский технический университет, имени академика М.С. Осими

Ассистент, кафедры физики

**Ключевые слова:** нуклеотиды; наночастицы золота; углеродная нанотрубка; Ван-дер-Ваальсовы силы; молекулярная динамика

**Keywords:** nucleotides; nanoparticles; carbon nanotube; Van-der-Waals interactions; molecular dynamics

**Аннотация:** В данной работе квантово-химический потенциал Терсоффа в сочетании с классическими молекулярно-динамическими (МД) траекторными расчетами был использован для исследования взаимодействия нуклеотидов (Н) с 1 и 3 наночастицами (НЧ) из золота и механизм их инкапсуляции внутри углеродной нанотрубкой (УНТ). Сравнительный МД-анализ динамические и структурные особенности процессов взаимодействия компонентов системы Н-1НЧ-УНТ и Н-3НЧ-УНТ показал, что для системы Н-3НЧ-УНТ характерно сильный контакт Н-НЧ и полное инкапсуляционное поведение Н внутри УНТ. Исследования тройной системы Н-НЧ-УНТ может послужить основой для понимания более сложных явлений, таких как транспортировка биомолекул или доставка лекарств внутри живых клеток, инкапсуляции ДНК и белков и т.д., внутри ограниченной геометрии УНТ, происходящих с участием металлических и интерметаллических НЧ (золота, серебра, железа, магния, гадолиния и др.).

**Abstract:** In this work, the Tersoff quantum chemical potential in combination with classical molecular dynamics (MD) trajectory calculations was used to study the interaction of nucleotides (H) with 1 and 3 nanoparticles (NPs) of gold and the mechanism of their encapsulation inside a carbon nanotube (CNT). A comparative MD analysis of the dynamic and structural features of the processes of interaction of the components of the N-1NP-CNT and N-3NP-CNT systems showed that the N-3NP-CNT system is characterized by a strong N-NP contact and the complete encapsulation behavior of H inside the CNT. Investigation ternary system, N-NP-CNT can serve as a basis for understanding the more complex phenomena, such as transporting biomolecules or drug delivery inside living cells, encapsulating DNA and proteins, etc., within the limited geometry of carbon nanotubes and intermetallic NPs (gold, silver, iron, magnesium, gadolinium, etc.).

**УДК 538.9:538.94****Актуальность.**

Взаимодействия и структурные превращения в системе нуклеотид – НЧ – УНТ представляет собой крайне важную и, вместе с тем, актуальную задачу. Понимание механизмов взаимодействия нуклеотидов и небольших молекулярных фрагментов с металлическими наночастицами и поверхностями в объеме пространственно - ограниченной среды углеродной нанотрубки является чрезвычайно важным для ряда приложений современной микроэлектроники, биотехнологий и геной инженерии.

Это, прежде всего, дизайн нанороботов и нанотехнологического диагностического инструментария медицинского назначения, аппаратной части микро - и наносистемной техники, средств адресной доставки медицинских препаратов внутрь живой клетки и т.п. Детальное понимание совокупности эффектов, влияющих на природу и степень упорядоченности молекулярных образований внутри углеродной нанотрубки, под действием металлические наночастицы, является существенным шагом в изучении особенностей взаимодействий нуклеотид – УНТ – металлические наночастицы и расширении возможностей по созданию из УНТ- контейнеров с биологическим материалом с заданными физическими и биохимическими свойствами.

**Научная новизна.**

Для трехкомпонентной молекулярной системы Н-НЧ-УНТ при наличии 1 и 3 НЧ применен гибридный молекулярно-динамический подход. Построена полноатомная МД-модель Н-НЧ-УНТ путем реализации гибридных методов квантовой химии и классической молекулярной механики. Уточнены параметры межмолекулярного взаимодействия в трехкомпонентной системе Н-НЧ-УНТ. Обнаружено различие в поведении нуклеотидов при взаимодействии с 1 и 3 наночастицами, характеризующее особую энергетику связей внутри углеродной нанотрубки. Обсуждалась возможность использования комплекса Н-НЧ-УНТ в качестве материала-кандидата для доставки лекарств и связанных с ними систем.

**1. Введение**

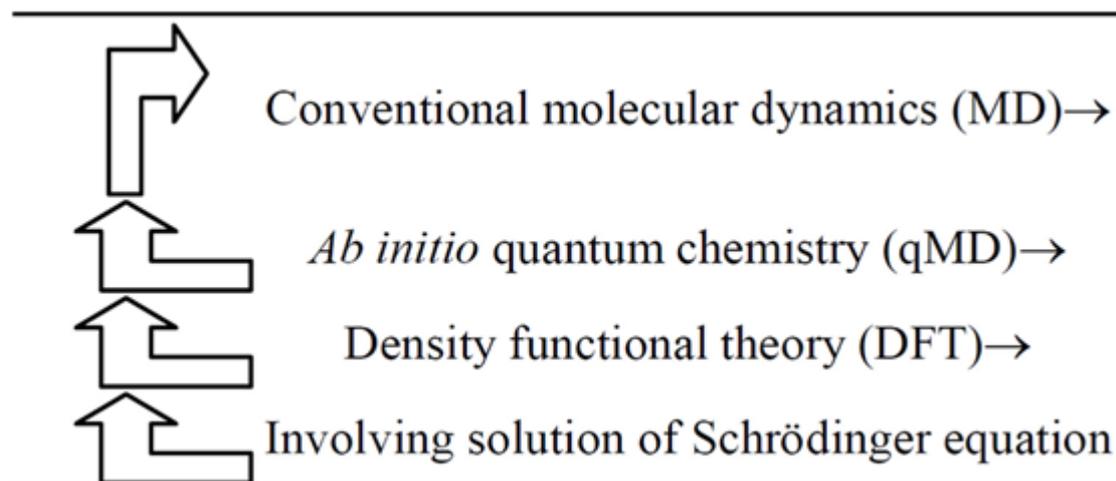
Новые вычислительные подходы позволяют решать важные проблемы в области изготовления материалов и биомедицинских применений. Мощные современные компьютерные методы молекулярного моделирования стали традиционными инструментами в индустрии новых материалов и лекарств. При этом методы компьютерного молекулярного моделирования включают традиционную (классический подход) или гибридную молекулярную динамику, квантовую химию, Монте-Карло, *ab initio* и так далее. Компьютерные МД-моделирования больших молекулярных систем быстро показали свою мощь с изобретением современных суперкомпьютеров, как мощный метод, который позволяет исследовать различные физические или биологические процессы на атомном / молекулярном уровне. Рентгеновские или нейтронные измерения физических, химических и биологических структур неизбежно связаны с дальнейшим использованием компьютерных моделей, основанных на методах молекулярного и атомного моделирования [1, 2]. Молекулярное моделирование (обычное и гибридное МД) основано на классической ньютоновской механике, моделирующей взаимодействие частиц в молекулах с

помощью заранее определенных силовых полей - эмпирически или рассчитывается другими методами. Компьютерное молекулярное моделирование - это совокупность методов молекулярного моделирования и квантовой химии, или гибриды этих двух видов методов, демонстрирующие новые возможности. Методы компьютерного молекулярного моделирования (обычные МД, гибридные МД или Монте-Карло (МК)), которые были впервые предложены более 50 лет назад, быстро развивались в последние 5-10 лет с изобретением современных вычислительных специализированных кластеров и суперкомпьютеры. В исследовании МД молекулярные системы моделируются детерминистически путем интеграции классических уравнений движения; в МК, стохастически - с различными ансамблями. Методы МД способны моделировать атомно-молекулярные системы с тысячами и миллионами частиц и моделировать многие системные параметры и конфигурации окружающей среды. Моделирование МД позволяет эффективно прогнозировать ансамблевые свойства и поведение, такие как соотношения  $\{PVT\}$ , фазовое равновесие, транспортные свойства, структуры синтетических и биологических макромолекул, соединение одной молекулы с другой и т. д. [1-3].

Гибридный молекулярно-динамический подход, сочетающий в себе современные традиционный (классический) и квантово-химический методы, отвечает современному состоянию молекулярного моделирования и представляет собой наиболее адекватный инструмент для исследования широкого круга теоретико-прикладных задач в области физики, химии и биологии. Таким образом, в так называемом гибридном подходе - классическом и квантово-химическом моделировании МД - молекулы описываются как набор сфер и пружин, где силовые поля и взаимодействие между частицами основаны на определенном (но не уникальном) методе описания и техника. При таком методе классические сферы и пружины имитируют силовые поля взаимодействия, которые фактически обеспечиваются законами квантовой химии [4]. Стоит отметить, что за разработку многомасштабных гибридных моделей для сложных химических систем Нобелевская премия по химии 2013 года была присуждена совместно Мартину Карплюсу, Майклу Левитту и Арие Варшель [5]. Пока что создание моделей молекул в виде шариков и палочек заложило основу для мощных методов и компьютерных программ, которые используются для понимания и прогнозирования конформаций и динамики структуры биологических молекул, химических реакций и связанных с ними важных процессов [6-11].

Вычислительная квантовая химия - *ab initio*, теории функционала плотности (ТФП) и другие - в отличие от традиционного молекулярного моделирования, основана на квантовой физике. Методы вычислительной квантовой химии были впервые применены к электронной структуре атомов или молекул, которая давала волновые функции или функционал плотности вероятности, описывающий электронные состояния. Методы квантовой химии обеспечивают большую точность, но ограничены меньшим размером молекулы из-за их сложности и стоимости процессора. Квантово-химическое моделирование важно, когда химические связи образуются или разрушаются. Он также используется, когда параметры силы неизвестны или не применимы. Методы ТФП хорошо известны и используются с возрастающей точностью; методы волновых функций высокого уровня с большими атомными орбитальными базисами в настоящее время остаются стандартными.

Таким образом, гибрид классической МД и квантовой химии (qMD) обеспечивает мощную многомасштабную вычислительную схему (Рис. 1.)



**Рис. 1 . Схема, иллюстрирующая многомасштабный гибридный классический МД (MD) и квантово-химический подход (qMD)**

Таким образом, взаимодействия, инкапсуляция и структурные превращения молекулярных систем отчасти оказываются строго коррелированными с важными физико-химическими процессами (например, перенос заряда в системе нуклеотиды - металлические наночастицы - металлические поверхности-углеродная нанотрубка), которые трудно адекватно моделировать без привлечения комбинированных методов квантовой химии и молекулярной динамики.

## **2. Углеродные нанотрубки и аспекты молекулярного дизайна нанороботов**

Углеродные нанотрубки - цилиндрические кристаллы, состоящие из одних лишь атомов углерода - благодаря многим своим уникальным свойствам рассматриваются в качестве замены металлических проводников в микро-нано-электронике новых поколений. Открытие УНТ относится к наиболее значительным достижениям современной науки и их исследования, применения представляют значительный фундаментальный и прикладной интерес [12]. Широкое применение УНТ нашли в нанoeлектронике, а также в сфере телекоммуникаций, в производстве осветительных устройств, используются в качестве усилителя каталитических свойств, т.д. [13].

Стоит также отметить, что УНТ проявляют уникальные электрические и химические свойства для органических материалов, они представляют большой интерес для исследования материалов и применения в электронике. В зависимости от их химической структуры, УНТ могут использоваться в качестве альтернативы органическим или неорганическим полупроводникам, а также проводникам. Химическая связь нанотрубок полностью состоит из связей  $sp^2$ , аналогичных тем, которые существуют у графита. Эта связующая структура, которая сильнее, чем у  $sp^3$  связей, обнаруженных в алмазах, обеспечивает молекулы уникальной прочностью. Нанотрубки естественным образом объединяются в «веревки», удерживаемые силами Ван-дер-Ваальса.

Другое применение УНТ связано с использованием их как транспортных средств, поставляющих лекарственные вещества в нужное место организма, хотя механизмы проникновения УНТ в клетки все еще не понятны. Однако, физический и молекулярный механизм взаимодействия клетки как генетического материала с УНТ

представляет большой интерес в современной биофизике и биохимии. Понимание механизма взаимодействия нуклеотид-УНТ имеет решающее значение для целей доставки лекарств в области биомедицины и нанотехнологий. Поведение нуклеотид или ДНК внутри УНТ представляет важным звеном в понимании механизмов сворачивания (инкапсуляции) биомакромолекул внутри живой клетке. Общеизвестно, например, распространенное свойство – процесс инкапсуляция вирусов в ограниченной области (капсидов, нано- и микро- размеров) внутри чужеродной клетки, приводящие в итоге к различным заболеваниям (поскольку материнская клетка не познает чужой ген и допускает его проникновение, инкубацию и дальнейшее размножение). При этом, система Н-НЧ-УНТ представляет большой интерес в современных приложениях биомедицины из-за диагностики и лечения онкологических заболеваний. Рак, при котором клетки растут и делятся ненормально, является одним из основных заболеваний в отношении того, как он реагирует на доставку лекарств УНТ. Представляя революционный потенциал для биохимии и медицины, использование УНТ в доставке лекарств основано на повышении достаточной растворимости и обеспечении эффективного нацеливания на опухоли. Эти аспекты предотвращают цитотоксичность УНТ и изменение функции иммунных клеток. Поэтому проводятся исследования по росту нанотрубок из живых клеток, что говорит об отсутствии токсического эффекта. Кроме того, стало известно, что клетки не сращиваются с нанотрубками из углерода, и это дает возможность создания протезов и хирургических имплантов на основе УНТ.

На сегодняшний день лечение рака включает хирургию, лучевую терапию и химиотерапию. Например, недавние экспериментальные и имитационные исследования включают взаимодействие ДНК с высоко локализованными пучками высокой мощности и различными наночастицами (Ag, Au, и т.д.). Эти исследования направлены на целевую терапию рака путем введения металлических или наночастиц металла в опухолевую ткань с последующим локальным микроволновым или лазерным нагревом. Эксперименты показывают, что единственные опухолевые клетки, которые разрушаются, оставшиеся нормальные клетки не повреждены. Тем не менее, такие методы лечения, как правило, являются болезненными и убивают нормальные клетки в дополнение к неблагоприятным побочным эффектам. Недавно продемонстрировано использование УНТ как сенсоров, определяющих воздействие лекарств на раковые клетки или определяющих наличие повреждающих ДНК веществ [14]. Было также продемонстрировано, как отдельная спираль ДНК была присоединена к УНТ а затем введена в живую клетку, что может быть использовано в генной терапии.

Целью настоящей работы является исследование методом МД-моделирования процессов взаимодействия и инкапсуляции нуклеотидов с металлическими наночастицами в матрице УНТ в условиях температуры окружающей среды.

Исследования тройной системы Н-НЧ-УНТ может послужить основой для понимания более сложных явлений, - транспортировки биомолекул или доставки лекарств внутри живых клеток, инкапсуляции ДНК и белков, т.д., внутри ограниченной геометрии УНТ, происходящих с участием металлических и интерметаллических наночастиц. Следовательно, исследование процессов взаимодействия биомолекул (нуклеиновых кислот, нуклеотидных цепочек, ДНК, белков) с металлическими НЧ очень важны для определения степени их связей, которые востребованы в дизайне и разработки лекарственных транспортных или анализе биохимических реакций Н, ДНК с НЧ (Рис. 2-3).

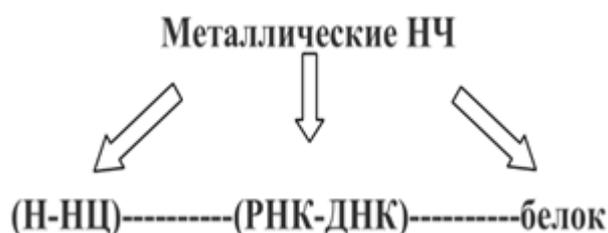


Рис. 2. Схематическое представление этапов молекулярно-динамических (МД) моделей по взаимодействию металлических наночастиц (НЧ) с отдельным нуклеотидом (Н), нуклеотидной цепочкой (НЦ), молекул РНК, ДНК и белков

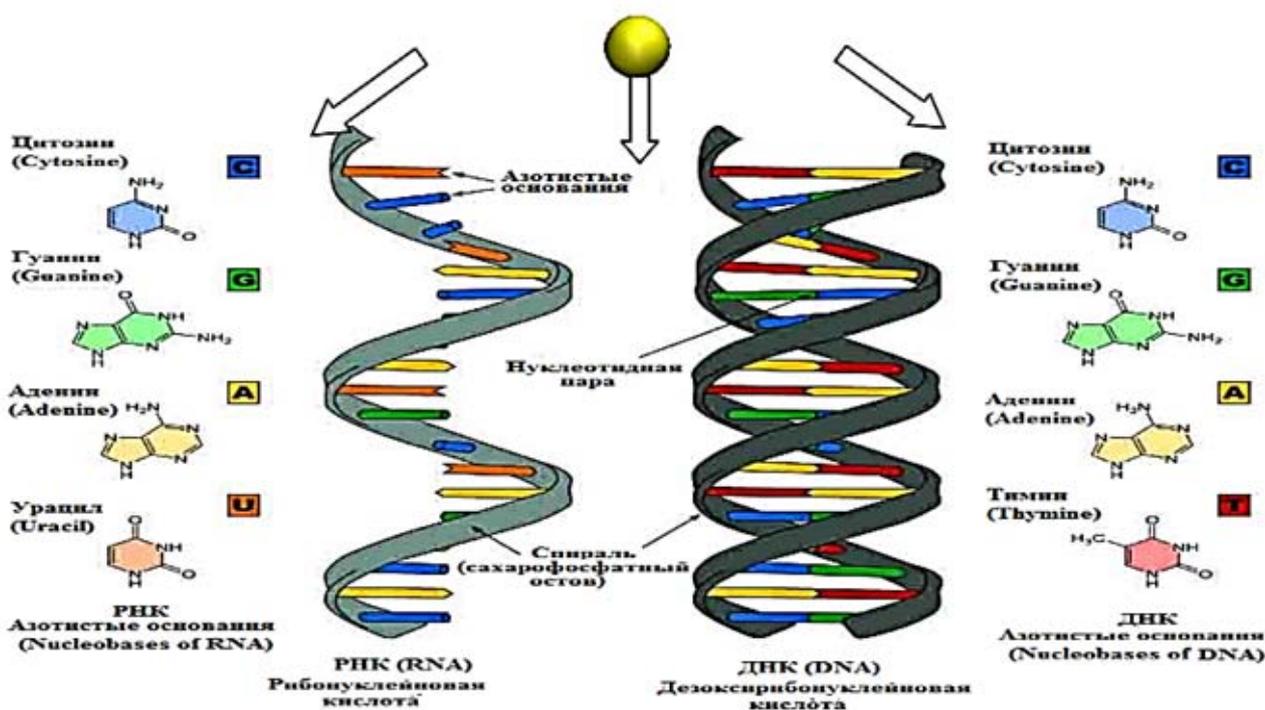


Рис. 3. Графическое представление этапов молекулярно-динамических (МД) моделей по взаимодействию металлических наночастиц (НЧ) с отдельным нуклеотидом (Н), нуклеотидной цепочкой (НЦ), молекул РНК, ДНК.

Ниже будут рассмотрены атомно-молекулярные процессы взаимодействия и связывания нуклеотиды (Н) - наночастицы золота (НЧ) - углеродные нанотрубки (УНТ) для изучения механизмов их взаимодействия и особенностей связей Н-НЧ в матрице УНТ.

### 3. МД моделирование эффектов влияния 1 и 3НЧ золота на процесс инкапсуляции нуклеотидов внутри УНТ

Тройная система Н – НЧ - УНТ обеспечивает существенную возможность для исследования широкого круга теоретических и прикладных проблем в биоинженерии, био-нанотехнологии, а также в медицине - в дизайне нанороботов для целей доставки лекарств внутри живой клетки.

В работе выполнено МД-моделирование с целью исследования процессов транспорта и динамических изменений нуклеотида - молекулы, как составной части ДНК и РНК [15] и состоящей из нескольких связанных атомов - С, О, Н, Р, N, взаимодействующих с наночастицами из золота внутри матрицы УНТ. Небольшая нуклеотидная цепочка представляет собой важное звено в исследовании молекулярных структур и процессов взаимодействия молекул ДНК или РНК с металлическими НЧ и УНТ. Известно, что первичные структуры ДНК и РНК состоят из линейной последовательности нуклеотидов, связанных друг с другом фосфодиэфирной связью. На сегодняшний день нуклеиновые кислоты являются мощным инструментом нанотехнологий и электронной промышленности.

Тройная система Н–НЧ–УНТ смоделирована несколькими видами потенциалов взаимодействия. Прежде всего, нуклеотидная цепочка обладает широким спектром внутренних колебательных моделей (химическими связями 2-х атомов, угловыми вибрациями 3-х атомов, торсионными (дигедральными) колебаниями 4-х атомов и т.д.). Следовательно, нуклеотидная цепочка в тройной системе Н–НЧ–УНТ представляется разнообразным набором потенциалов, исходящих из кванто-химических точных оценок (из первых принципов *ab initio*), а также эмпирических соображений:

$$V_b = \frac{1}{2} \sum_b K_b (r - b_0)^2$$

- потенциал валентных связей 2-х атомов;

$$V_\theta = \frac{1}{2} \sum_\theta K_\theta (\theta - \theta_0)^2$$

- потенциал валентных связей 3-х атомов;

$$V_\varphi = \frac{1}{2} \sum_\varphi K_\varphi [\cos(n\varphi - \delta) + 1]$$

- потенциал торсионных колебаний 4-х атомов;

$$V_{el} = \sum_{i,j} \frac{q_i q_j}{\epsilon r_{ij}}$$

- электростатический потенциал, а также:

$$V_{LJ} = \sum_{i<j} \frac{A}{r_{ij}^{12}} - \frac{B}{r_{ij}^6} \quad \text{и} \quad V_{HB} = \sum_{i<j} \frac{A}{r_{ij}^{12}} - \frac{B}{r_{ij}^6}$$

- соответственно, потенциалы короткодействующие ВдВ взаимодействия и водородных связей (типа Леннарда-Джонса (*LJ*; 12-6) или (12-10)).

Здесь:

$$A_{ij} = 2\varepsilon_{ij}\sigma_{ij}^6, \quad B_{ij} = 2\varepsilon_{ij}\sigma_{ij}^{12},$$

где:  $r$  – межатомное расстояние,  $\varepsilon$  – глубина потенциальной ямы (в электронвольтах, эВ),  $\sigma$  – «эффективный диаметр атома» (в нанометрах, нм). При определении  $\sigma_{ij}$ ,  $\varepsilon_{ij}$  – параметров ВдВ взаимодействия между атомами различного сорта было использовано комбинационное правило Лоренца-Бершелота:

$$\sigma_{ij} = \frac{\sigma_{ii} + \sigma_{jj}}{2}, \quad \varepsilon_{ij} = \sqrt{\varepsilon_{ii}\varepsilon_{jj}}$$

Определение  $\sigma_{ij}$ ,  $\varepsilon_{ij}$  и других потенциальных параметров и силовых полей системы Н-НЧ-УНТ является самостоятельной задачей. Для расчетов потенциала электростатического поля в DL\_POLY реализован метод сетка-частица Эвальда, который в настоящее время признан наиболее точным методом расчета электростатических взаимодействий в периодических или псевдо-периодических системах. Некоторые рассчитанные потенциальные параметры, используемые для МД-моделирования систем Н-НЧ-УНТ, приведены в таблицах 1-2, где С, О, N и P соответственно означает углерод, кислород, азот и серу в составе Н, а через  $C_c$  обозначен атом углерода в УНТ. Для определения всех межатомных и межмолекулярных параметров был задействован код DL\_POLY.

**Таблица 1. Параметры потенциала Леннарда-Джонса (Л-Дж) для нуклеотидов**

Пары	$A, \text{\AA}^{12} \text{ kcal/mol}$	$B, \text{\AA}^6 \text{ kcal/mol}$	Пары	$A, \text{\AA}^{12} \text{ kcal/mol}$	$B, \text{\AA}^6 \text{ kcal/mol}$
С-С	1171340	667.5	Р-Р	8350780	3369.4
С-Р	3145970	1481.6	Р-О	1476420	1016.6
С-О	535958	452.2	Р-Н	1985180	1117.9
С-Н	730530	500.7	Н-Н	450301	373.4
О-О	232116	198.1	Н-О	325886	334.9

**Таблица 2. Параметры потенциала Леннарда-Джонса (Л-Дж)**

**для модели Н-НЧ-УНТ**

Атомные пара	Параметры	
	$\varepsilon, \text{ kcal/mol}$	$\sigma, \text{\AA}$
$C_c$ -С	<b>0.105</b>	3.4
$C_c$ -Р	<b>0.120</b>	3.0
$C_c$ -О	<b>0.103</b>	3.0
$C_c$ -Н	<b>0.11</b>	3.3
Au-Au	<b>0.039</b>	2.90
С-Au	<b>0.293</b>	2.99
О-О	<b>0.156</b>	3.136

N-N	<b>0.072</b>	3.00
P-P	<b>0.40</b>	3.33

Некоторые другие параметры, в частности параметры межмолекулярного потенциала для моделей нуклеотидов, как первичные структуры ДНК были опубликованы в 81-й номер журнала "SCI-ARTICLE.RU" [4].

Для модели Леннарда-Джонса (**LJ**), переход от взаимодействия 2-х атомов в кластерное взаимодействие 3-х атомов может быть записан как:

$$V = \left( \frac{1}{r_{12}^{12}} - \frac{2}{r_{12}^6} \right) + \left( \frac{1}{r_{13}^{12}} - \frac{2}{r_{13}^6} \right) + \left( \frac{1}{r_{23}^{12}} - \frac{2}{r_{23}^6} \right) = \sum_{1 \leq i < j \leq 3} \left( \frac{1}{r_{ij}^{12}} - \frac{2}{r_{ij}^6} \right)$$

Это связано с тем, что потенциальная функция состоит из суммы парных взаимодействий между атомами или молекулами. Для кластера из N атомов проблема кластера Л-Дж состоит в том, чтобы найти положение атомов в трехмерном евклидовом пространстве, которые представляют собой минимум потенциальной энергии. На Рис. 4-5 представлен «Глобальная оптимизация атомных кластеров Леннарда-Джонса» [16, 17].

При описании физических свойств УНТ был использован потенциал Терсоффа, имеющий кванто-химическую природу. Данный потенциал является особым примером зависящего от плотности потенциала, который воспроизводит свойства ковалентной связи в системах, содержащих углерод, кремний, германий и сплавы этих элементов [18]. Как было сказано, в углеродных нанотрубках (УНТ) существует химическая гибридизация  $sp^2$  связь (как графит), которая сильнее, чем  $sp^3$  связь (алмаз) и природа химической связи в УНТ описывается квантовой химией через процесс орбитальной гибридизации.

Особенность потенциала заключается в том, что он позволяет разрывать связь и связанные с ней изменения в гибридизации связей. Энергия моделируется как сумма парных взаимодействий, где, однако, коэффициент притягательного члена в парном потенциале (который играет роль порядка связи) зависит от локальной среды, дающей потенциал многих частиц. Потенциал Терсоффа является парным потенциалом, но коэффициент в притягательном выражении зависит от местной среды. Потенциал имеет 11 атомных и 2 биатомных параметра и имеет вид:

$$V_{ij} = f_C(r_{ij}) [f_R(r_{ij}) - \gamma_{ij} f_A(r_{ij})],$$

где

$$f_R(r_{ij}) = A_{ij} \exp(-a_{ij} r_{ij}) \quad f_A(r_{ij}) = B_{ij} \exp(-b_{ij} r_{ij}),$$

- соответственно функции отталкивания и притяжения,

$$f_C(r_{ij}) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos[\pi(r_{ij} - R_{ij}) / (r_{ij} - R_{ij})], \quad R_{ij} < r_{ij} < S_{ij},$$

- функция обрезания взаимодействия (cutoff function),

$$f_c(r_{ij}) = 1 \text{ для } r_{ij} < R_{ij} \text{ и } f_c(r_{ij}) = 0 \text{ для } r_{ij} > S_{ij},$$

с коэффициентами задающие трех-частичную зависимость функций,

$$V_{ij} = \chi_{ij} \left(1 + \beta_i^{n_i} L_{ij}^{n_i}\right)^{-1/2n_i}, L_{ij} = \sum_{k \neq i, j} f_c(r_{ik}) \omega_{ik} g(\theta_{ijk}),$$

$$a_{ij} = \frac{a_i + a_j}{2}, b_{ij} = \frac{b_i + b_j}{2},$$

$$g(\theta_{ijk}) = 1 + \frac{c_i^2}{d_i^2} - \frac{c_i^2}{[d_i^2 + (h_i - \cos\theta_{ijk})^2]},$$

$$B_{ij} = (B_i B_j)^{1/2}, R_{ij} = (R_i R_j)^{1/2}, S_{ij} = (S_i S_j)^{1/2}.$$

Были приняты следующие значения:  $c_{ii} = 1$ ,  $c_{ij} = c_{ji}$ ,  $w_{ii} = 1$ ,  $w_{ij} = w_{ji}$ . Алгоритм интегрирования представлял собой ансамбль Берендсена (NPT) с временами релаксации термостата и баростата 2,0 пс. Для моделирования систем, состоящих из нуклеотидов (Н), взаимодействующие в матрице углеродной нанотрубки (УНТ) с металлическими наночастицами (НЧ) с использованием потенциала Терсоффа из базы данных DL\_POLY [19, 20] были выбраны следующие параметры:

$$a = 3.4879, A = 1393.6, b = 2.2119, B = 346.74, R = 1,8, \beta = 1.5724 \cdot 10^{-7}, S = 2.1, \eta = 0.72751, c = 38049, h = -0.57058, d = 4.3484.$$

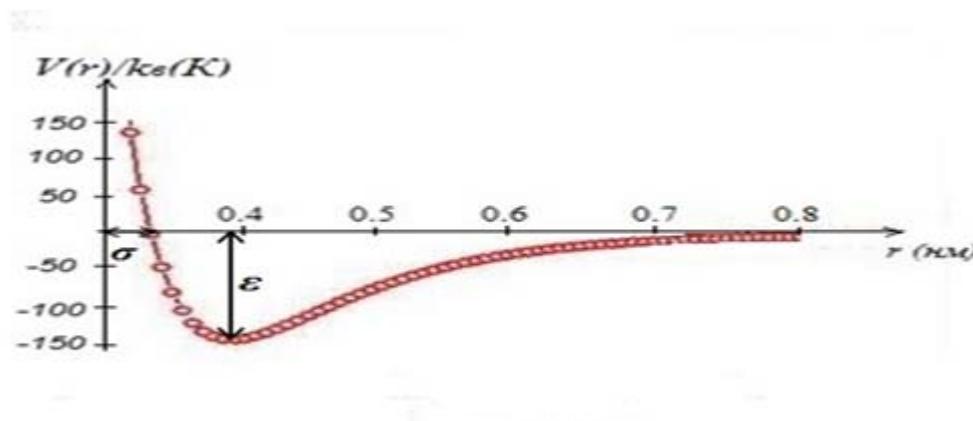
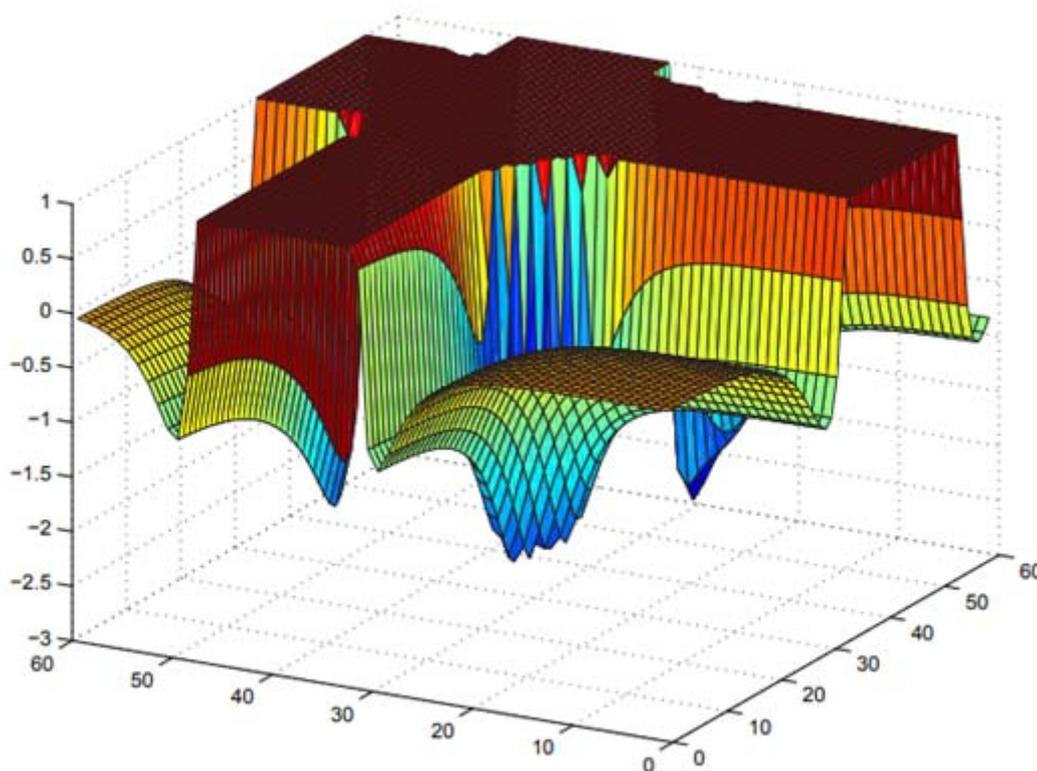


Рис. 4. Потенциальная энергия 2-х частичного ВдВ взаимодействия в системе Н-НЧ-УНТ. График потенциала в модели Л-Дж от атом-атомного расстояния.



**Рис. 5. Потенциальная энергия 3-х и более частичного ВдВ взаимодействия.**

Эти процессы предполагают существования сил ВдВ внутри квантово- химической матрицы, где эффекты парных межатомных корреляций (взаимодействий) НЧ-Н-УНТ сочетаются с классическими ньютоновскими траекториями атомов.

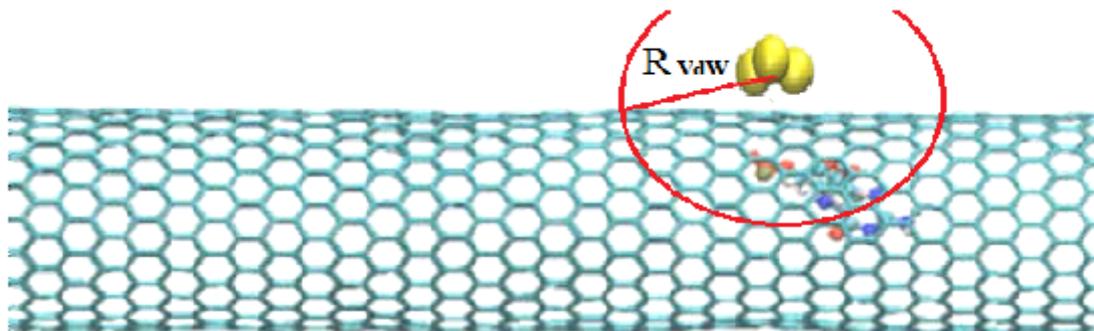
#### **4. Результаты МД моделирования молекулярных систем Н-1НЧ-УНТ и Н-3НЧ-УНТ**

Результаты МД-моделирования, приведенные ниже, указывают на особенности взаимодействия и образования связей нуклеотидной цепочки с наночастицами из золота, процессов взаимодействия и инкапсуляции нуклеотида внутри УНТ. Одним из наших центральных наблюдений явилось детальное изучение процессов взаимодействия Н-НЧ внутри УНТ на атомно-молекулярном уровне. При этом выявлены особенности процессов образования и разрушения связей Н-НЧ, происходящих в ограниченной матрице УНТ. Образование устойчивой долгоживущей связи Н-НЧ или её разрушение происходит как результат взаимной конкуренции внутримолекулярных сил нуклеотидной цепочки со слабыми силами Ван-дер-Ваальсовой природы со стороны НЧ золота. Эффект взаимной корреляции этих двух видов атомно-молекулярного взаимодействия и определяет динамику образования или разрушения связей НЧ золота с нуклеотидной цепи.

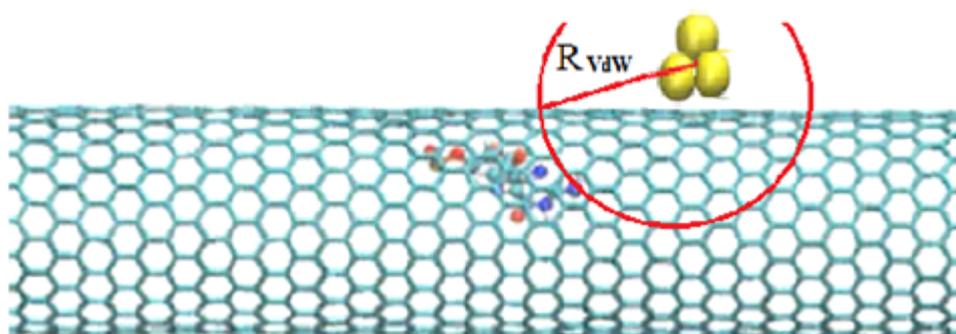
МД-расчеты проводились на основе гибридных подходов квантовой химии и классической молекулярной механики с использованием современного лицензионного многоцелевого программного обеспечения DL\_POLY. Результаты МД моделирования системы Н-НЧ-УНТ приведены ниже с помощью снимков (рис. 6(а-

в) и 7(а-в)). Выходные данные МД были проанализированы и визуализированы с использованием программа VMD [21].

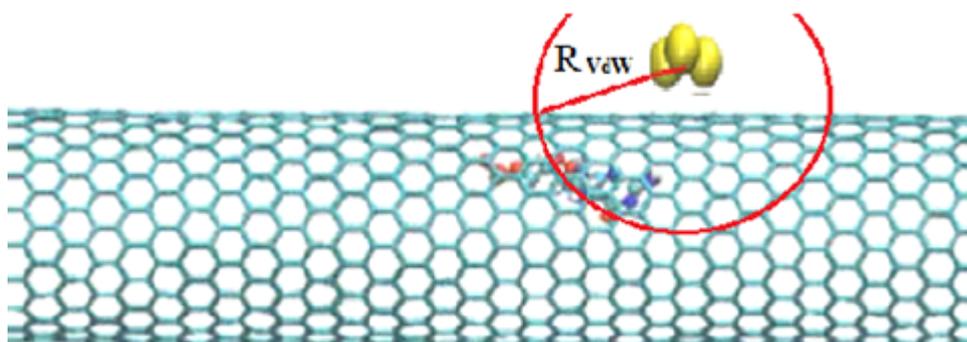
б)  $N_{\text{step}}=1$



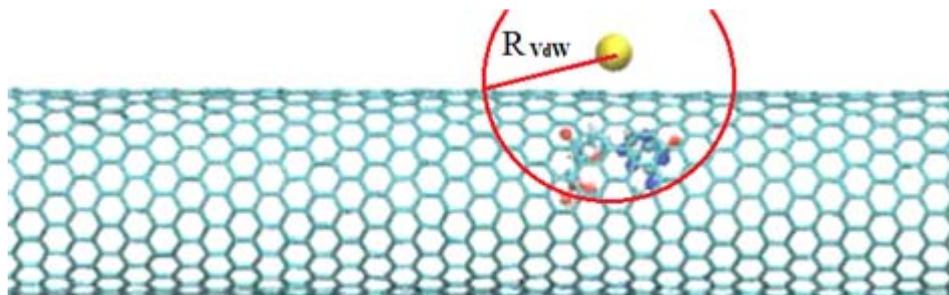
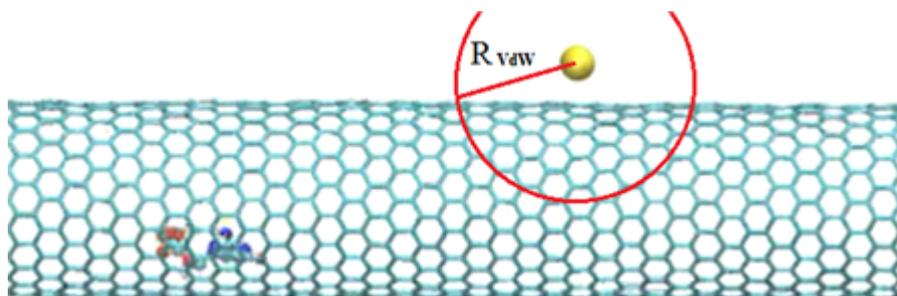
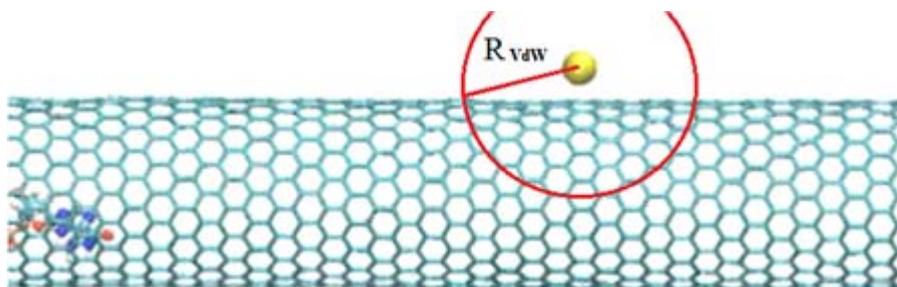
б)  $N_{\text{step}}=50000$



в)  $N_{\text{step}}=200000$



**Рис. 6 (а-в). Последовательные конфигурации процесса взаимодействия динамических изменений и образования связей Н-ЗНЧ внутри матрицы УНТ. Как видно из рисунка, соотношение радиуса сил ВдВ для Н-ЗНЧ  $R \sim R_{vdw}$ , где  $R$  - расстояние Н-ЗНЧ**

а)  $N_{\text{step}}=1$ б)  $N_{\text{step}}=50000$ в)  $N_{\text{step}}=200000$ 

**Рис. 7 (а-в). Последовательные конфигурации процесса взаимодействия динамических изменений и образования связей Н-1НЧ внутри матрицы УНТ. Как видно из рисунка, соотношение радиуса сил ВдВ для Н-1НЧ  $R \gg R_{\text{vdw}}$ , где  $R$ -расстояние Н-1НЧ ( $R_{\text{vdw}} = [6-8] \text{ \AA}$ ).**

Из рис. 6(а-в) видим, что для системы Н-3НЧ-УНТ возможно образование стабильной связи между нуклеотидом и кластером из 3-х НЧ золота, которое способствуют полной инкапсуляции нуклеотида внутри УНТ. Как видно из рис. 6(а-в), нуклеотид всегда остаётся в зоне взаимодействия ВдВ силы 3НЧ. Соотношение радиуса ВдВ для нуклеотида и 3НЧ всегда  $R \sim R_{\text{vdw}}$ , где  $R$  - расстояние между Н и 3НЧ золота. Для одной НЧ, как видно из рис. 7 (а-в), соотношение расстояния Н-1НЧ и радиуса сил ВдВ  $R \gg R_{\text{vdw}}$  ( $R_{\text{vdw}} = [6-8] \text{ \AA}$ ). Таким образом, для 1НЧ золота не представляется возможным образовать сильную стабильную связь Н-1НЧ. Внутримолекулярные вибрации Н доминируют над слабыми силами ВдВ между Н-1НЧ, обусловленными

влиянием ограниченной матрицы УНТ. По мере того, как внутренние колебания нуклеотида начнут доминировать над слабыми силами ВдВ (VDW) между Н-1НЧ, это приводит к тому, что их устойчивая связь становится невозможной.

Система из трех наночастиц золота, ассоциируется с небольшим атомным кластером, который будет обладать собственными модами колебаний как коллективное движение атомов золота. Даже для такого маленького кластера мы обнаруживаем существование более интенсивных взаимодействий ВдВ (VDW) с нуклеотидами внутри матрицы УНТ. Таким образом, видно, что с ростом числа атомов золота (т.е. с образованием небольших кластеров золота и сильными ВдВ взаимодействиями) для обоих типов нуклеотидов наблюдается возможность образования сильной связи Н-НЧ. Иными словами, с образованием небольших кластеров золота силы ВдВ начнут конкурировать с внутримолекулярными колебательными модами нуклеотидов, определяющей конечную устойчивую связь Н-НЧ.

Результаты МД моделирования и полученная графическая визуализация на рис. 6 (а-в) и 7 (а-в) демонстрируют сценарии взаимодействия и трансформации конфигурации нуклеотида под влиянием 3 и 1 металлических наночастиц. Предполагается, что включение воды в рассмотрение ускорит инкапсуляцию Н в УНТ. Этот процесс весьма похож на процесс инкапсуляции, на что указывали другие авторы о взаимодействии биомолекулы с УНТ [22, 6-11]. Непрерывная инкапсуляция Н в УНТ предполагает практический аспект использования таких систем в инновационной технологии, в дизайне материалов для медицины в будущем. Скажем, при изготовлении практических устройств на основе УНТ для доставки генов, ингибиторов, лекарств и т. д. [22, 6-11].

Отметим, что тройная система Н-НЧ-УНТ смоделирована разнообразным набором потенциалов, традиционных (классических), исходящих из первых принципов *ab initio* (квантово-химических - наиболее точных оценок), а также из эмпирических соображений. Таким образом, моделирование тройной системы Н-НЧ-УНТ выполнено с использованием трех видов приближений:

- (1) классическое потенциальное поле наночастиц золота;
- (2) классико-квантовое поле нуклеотидной цепочки;
- (3) квантово-классическое поле углеродной нанотрубки.

При этом во всех случаях четко прослеживается конкуренция внутримолекулярных колебаний со слабыми силами ВдВ природы. Действие ЗНЧ приводит к образованию долгоживущей их связи с нуклеотидом внутри УНТ, который может иметь место и для более сложных систем, включающих ДНК и вирусные пептиды и таким образом, УНТ оказались отличным кандидатом для транспорта для многих биомолекул, белков или лекарств [22, 6-9].

#### 4. Выводы и перспективы

Потенциалы квантовой химии в сочетании с классическими траекторными вычислениями должны быть эффективным подходом в современном компьютерном молекулярном моделировании. Многие физические, химические и биологические системы были исследованы в современных исследованиях с использованием такого

гибридного подхода. В гибридном подходе - классическом и квантово-химическом моделировании МД молекулы описываются как набор сфер и пружин, в которых сферы имитируют классические частицы, а пружина - поля сил взаимодействия, регулируемые законами квантовой химии.

В работе выполнено МД-моделирование для исследования процессов транспорта и динамических изменений нуклеотида, взаимодействующего с НЧ из золота внутри матрицы УНТ. Одним наших из центральных наблюдений было детальное изучение процессов взаимодействия Н-НЧ на атомно-молекулярном уровне. Наблюдения показывают инкапсуляционное поведение цепи Н внутри УНТ.. При этом выявлены особенности процессов образования и разрушения связей Н-НЧ, происходящих в ограниченной матрице УНТ. Обнаружено образование устойчивой долгоживущей связи (Н-ЗНЧ). Для системы из одной НЧ золота (Н-1НЧ-УНТ) имеет место разрушение связи Н-1НЧ как результат взаимной конкуренции внутримолекулярных сил нуклеотидной цепочки со слабыми силами Ван-дер-Ваальсовой природы со стороны НЧ золота.

Особенности процессов взаимодействия и образования связей Н-НЧ в тройной системе типа Н-НЧ-УНТ имеют важное значение и широкие приложения в современной биоинженерии, нано-био-технологии, при дизайне и разработке средств доставки биологических материалов и лекарств внутри живой клетки, связанных с применением углеродных нанотрубок.

#### Литература:

1. Kholmurodov Kh.T. Models in Bioscience and Materials Research: Molecular Dynamics and Related Techniques// Book of International Workshop MSSMBS'12, Nova Science Publishers Ltd. — 2013, — 208 p.
2. Friemann R., Larsson S. D. Journal of the American Chemical Society. — 2009, — Vol. 131,— pp. 16606-16607. <http://dx.doi.org/10.1021/ja902962y>
3. Kholmurodov Kh.T. Molecular Dynamics of Nanobistruktures //Nova Science Publishers Ltd. — 2011, — 210 p.
4. Нематов Д.Д. Моделирование воздействия ионизирующего излучения на процесс иммобилизации биологических молекул// Электронный периодический рецензируемый научный журнал "SCI-ARTICLE.RU". — 2020. — № 81 (май), — С. 12-35.
5. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/) Лауреаты / 2013
6. Srinivasan C. Current Science. — 2008, — Vol. 94,— pp. 300 - 301.
7. Hilder T. A. and Hill J. M. Current Applied Physics. — 2008, — Vol. 8,— pp. 258-261. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cap.2007.10.011>
8. Hilder T. A. and Hill J. M. Micro & Nano Letters. — 2008, — Vol. 3,— pp. 41-49. <http://dx.doi.org/10.1049/mnl:20080008>
9. Chen Q., Wang Q., Liu Y. C., Wu T., Kang Y., Moore J. D. and Gubbins K. G. Journal of Chemical Physics. — 2009, — Vol. 131,— Article ID: 015101.
10. Ali I., Marenduzzo D. and Yeomans J. M. Physical Review Letters. — 2006, — Vol. 96,— Article ID: 208102. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.96.208102>
11. Ali I., Marenduzzo D. and Yeomans J. M. Biophysical Journal. — 2008, — Vol. 94,— pp. 4159-4164. <http://dx.doi.org/10.1529/biophysj.107.111963>
12. Харрис П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры, Новые материалы XXI века. - М.: Техносфера, — 2003, — 336 с.
13. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки, Строение, свойства и применения. - М.: Лаборатория знаний, — 2006, — 294 с.

14. Khusenov M. A., Dushanov E.B., Kholmurodov Kh.T. Correlation Effect of the Van-der-Waals and Intramolecular Forces for the Nucleotide Chain – Metallic Nanoparticles Binding in a Carbon Nanotube Matrix of Periodic Boundaries. - *British Journal of Applied Science & Technology*. — 2015, — №8, — Vol.3, — pp. 313-323.
15. Kholmurodov, Kh.T. *Computational Materials and Biological Sciences*. - Nova Science Publishers Ltd, New York. — 2015, — 190 p.
16. Ellen Fan. "Global optimization of Lennard-Jones atomic clusters", A Thesis Submitted to the School of Graduate Studies in Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science McMaster University;, Copyright by Ellen Fan. — 2002, — 123 p.
17. Robert H. Leary. Global Optima of Lennard-Jones Clusters//*Journal of Global Optimization*. — 1997, — Vol. 11, — pages 35–53.
18. Kholmurodov, Kh.T. *Computational Materials and Biological Sciences*. - Nova Science Publishers Ltd, New York, — 2015, — 190 p.
19. W. Smith, T. R. Forester and I. T. Todorov, "The DL\_POLY 2 User Manual," STFC Daresbury Laboratory Daresbury, Warrington WA4 4AD Cheshire, UK, Version 2.19, — 2008.
20. Forester T.R., Smith W. DL\_POLY\_2.0 A general-purpose parallel molecular dynamics simulation package. // *J. of Molecular Graphics*. — 1996, — №14, — Vol.3, — pp. 136-141.
21. Kang Y., Liu Y. C., Wang Q., Wu T. and Guan W. *J. Biomaterials*. — 2009, — Vol. 30,— pp. 2807-2815. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biomaterials.2009.01.024>
22. Humphrey W., Dalke A. and Schulten K. *Journal of Molecular Graphics*. — 1996, — Vol. 14, — pp. 33-38. [http://dx.doi.org/10.1016/0263-7855\(96\)00018-5](http://dx.doi.org/10.1016/0263-7855(96)00018-5)

# МАШИНОСТРОЕНИЕ, ТЕХНИКА, ХИМИЯ, ЭКОЛОГИЯ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЧУГУНА

*Дубовец Денис Леонидович*

ОАО "Управляющая компания холдинга "МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД"

Инженер по охране окружающей среды 2 категории

**Ключевые слова:** отработанные катализаторы; никель; чугун; отходы; металлургия

**Keywords:** spent catalysts; Nickel; cast iron; waste; metallurgy

**Аннотация:** В данной работе описана экспериментально реализованная технология использования отработанных никельсодержащих катализаторов в производстве чугунных изделий.

**Abstract:** This paper describes an experimentally implemented technology for using spent Nickel-containing catalysts in the production of cast iron products.

**УДК 628.4.038**

**Цель работы:** Разработка метода использования отработанных никельсодержащих катализаторов.

**Задачи работы:**

- Изучение научно-технических достижений стран ближнего и дальнего зарубежья по практике повторного использования отработанных никельсодержащих катализаторов;
- выявление наиболее целесообразного метода использования отработанных никельсодержащих катализаторов;
- экспериментальная реализация наиболее целесообразного метода использования отработанных никельсодержащих катализаторов.

Актуальность данной темы, связана с разработкой технологии, которая позволяет заменить традиционный процесс захоронения отходов на их использование.

**Научная новизна:** Данная статья описывает перспективную технологию использования отработанных никельсодержащих катализаторов.

**Введение**

Технологии цементационной и нитроцементационной термообработки металлических изделий, деталей машин и механизмов, точного литья, процессы,

требующие использования технического водорода или иных технологических сред машиностроительных и химических предприятий требуют использования никелевых катализаторов различных марок.

После исчерпания своего эксплуатационного потенциала, катализатор извлекается из технологического оборудования и переводится в разряд отходов, требующих соответствующего порядка обращения, установленного законодательством в области охраны окружающей среды.

В соответствии с общегосударственным классификатором отходов образующихся в Республике Беларусь (ОКРБ 021-2019), отработанные никельсодержащие катализаторы могут быть классифицированы следующим образом (таблица 1).

**Таблица 1 – Названия отходов, которые могут быть присвоены отработанным никельсодержащим катализаторам**

Код	Наименование отходов	Степень опасности и класс опасности
5950400	Катализаторы, содержащие никель, отработанные	третий класс
5950401	Катализаторы, содержащие никель, отработанные (типа ГИАП 16-01)	
5950402	Катализаторы, содержащие никель, отработанные (типа никель на кизельгуре)	третий класс
5950403	Катализаторы, содержащие никель, отработанные (типа НКМ-1)	

Поскольку, в соответствии с «Реестром объектов по использованию отходов» и «Реестром объектов по обезвреживанию, хранению и захоронению отходов», ведение которых осуществляет организация уполномоченная Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, в Республике Беларусь отсутствуют объекты по использованию и обезвреживанию отходов, образующиеся у предприятий и организаций отработанные катализаторы могут направляться на полигоны захоронения отходов, что в свою очередь приводит к увеличению общей нагрузки на действующие полигоны захоронения, тем самым уменьшая их общий срок эксплуатации.

В тоже время, мировая практика показывает, что отходы отработанных катализаторов могут быть повторно использованы в качестве сырья в различных технологических процессах. Так например, в странах, имеющих металлургическую промышленность, широко используются способы пирометаллургического извлечения никеля из отработанных катализаторов.

Известен способ переработки отработанных катализаторов на основе оксида алюминия, содержащих никель, ванадий и молибден, включающий стадии: обжиг в смеси с содой; выщелачивание молибдена и ванадия водой; выщелачивание остатков азотной кислотой; магнитную сепарацию и восстановление концентрата, состоящего из магнитных никель-алюминиевых азотных соединений.

В странах производящих цемент и силикатные строительные материалы (кирпич, керамическая плитка и др.), отработанные катализаторы используются в качестве добавки к шихте.

По результатам изученной научно-технической документации было выявлено, что одним из наиболее целесообразных направлений использования отработанных никельсодержащих катализаторов является металлургический процесс плавки чугуна.

Для подтверждения рациональности использования данного метода, была проведена экспериментальная выплавка чугунных отливок (колец, дисков) марки ИЧХ28Н2 в силитовой печи.

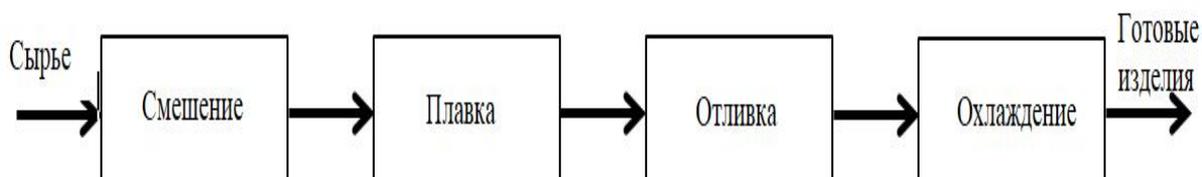
Для опытной плавки выбран следующий состав легирующей смеси: 80 массовых частей затравки (чугунная стружка), 40 частей шлакообразующих материалов (ваграночный шлак), 40 частей восстановителя (электродный бой), 100 частей отработанного никельсодержащего катализатора (ГИАП-16).

В таблице 1 представлен химический состав катализатора ГИАП-16.

**Таблица 1 – Химический состав катализатора ГИАП-16**

Массовая доля компонента, масс.%				
NiO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	прочее
21,3	60,2	12,6	2,13	3,77

В экспериментальном процессе применялась следующая технология (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной плавки чугуна с использованием отхода отработанного катализатора**

Перед загрузкой в печь шихту взвешивали, а легирующую смесь сушили при температуре 120 °С.

Сравнительный анализ химического состава и твердости чугуна, полученного при плавке без катализатора и с использованием в составе шихты отработанного никельсодержащего катализатора (в виде легирующей смеси) представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – Химический состав и твердость чугуна с использованием легирующей смеси**

Основные элементы и твердость (HRC) чугуна ИЧХ28Н2	Содержание основных элементов в чугуне при плавке по серийной технологии, (%) (ТУ РБ 7000.67266.057-2002)	Содержание основных элементов при плавке по опытной технологии, (%)
C	2,5-3,0	2,89
Si	0,7-1,4	0,91
Mn	0,5-1,0	0,58
Cr	25,0-30,0	27,10
Ni	1,5-2,0	1,80
твердость	45,5-59,0	49,0-51,0

Ковшовая проба соответствовала ТУ РБ 7000.67266.057-2002 для данного чугуна. Плавку вели в течение 3 часов, при этом повышенного количества шлака не отмечено. Измерение твердости сплава по Роквеллу проводили на приборе ТК2.

Твердость сплава так же соответствует техническим условиям на отливки из чугуна ИЧХ28Н2. Визуальный анализ отливок и качество деталей после их механической обработки показал, что применение легирующей смеси взамен гранулированного никеля в составе шихты не оказало влияния на объем усадочных раковин, количество шлаковых и газовых включений, а сами отливки соответствуют ТУ РБ 700067266.057-2002 [1].

## **Вывод**

Порядок отчуждения любых промышленных отходов не должен быть направлен исключительно на захоронение. Предприятиями и организациями, у которых образуются отходы, должны прилагать усилия для того, чтобы превратить «ненужные» материалы в сырье, которое в последующем можно использовать для производства продукции.

По отношению к отработанным никельсодержащим катализаторам, в качестве направления использования может служить металлургия, позволяющая вводить данный вид отходы в шихту в качестве исходного сырья.

## **Литература:**

1. Комаров О. С. Переработка и использование отходов, содержащих цветные металлы / О. С. Комаров, Д. О. Комаров, Н. И. Урбанович. – Минск: БНТУ, 2018. – 114 с.

# ИСТОРИЯ

## ПОВСЕДНЕВНАЯ ЖИЗНЬ ТАДЖИКИСТАНЦЕВ В ГОДЫ ВОВ

**Абдурашитов Фозил Маматович**

доктор исторических наук

Институт истории, археологии и этнографии им. А Дониша Академии наук

Республики Таджикистан

Заместитель директора по науке и образованию

**Ключевые слова:** Великая Отечественная война; повседневная история; карточная система; занятие; учеба; женщины; старики; дети; ратный труд

**Keywords:** World War II; everyday history; card system; occupation; study; women; old people; children; military labor

**Аннотация:** Статья посвящается 75 летию Победы в Великой Отечественной войне. В ней освещаются основные аспекты повседневной истории таджикского народа периода Великой Отечественной войны как быт, жизнь по карточкам, пища, одежда, занятие, учеба, отдых, свадьба, песни, обряды, привычки, болезнь и др. В историко-этнографическом плане исследована по отдельности повседневная жизнь представителей основной социальной группы как женщины, дети, старики и разных профессий как учителя, врачи, колхозники, рабочие и др. На основе фактических материалов освещается ратный труд таджикского народа в тылу по обеспечению бойцов Красной Армии. Рассматриваются их сложные условия проживания и быта в годы войны на основе устного свидетельства очевидцев той суровой жизни в тылу Великой Отечественной войны.

**Abstract:** The article is dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. It highlights the main aspects of the everyday history of the Tajik people of the Great Patriotic War, such as everyday life, life on cards, food, clothes, occupation, study, rest, wedding, songs, rituals, habits, illness, etc. Separately studied in the historical and ethnographic plan everyday life of representatives of the main social group as women, children, old people and different professions like teachers, doctors, collective farmers, workers, etc. Based on the actual materials, the Tajik people's military work in the rear to provide support for the Red Army fighters is highlighted. Their complex living and living conditions during the war years are examined on the basis of oral evidence of eyewitnesses of that harsh life in the rear of the Great Patriotic War.

**УДК 9(575,3)**

**Закулисный героизм.** В борьбе с фашистскими захватчиками таджикский народ принимал активное участие не только в составе воинских подразделений, но и в тылу обеспечивая фронт необходимым - продовольствием, обувью, одеждой и др. Таджикистанцы внесли весомый вклад в восстановление и формирование мощной экономической базы СССР. В республике в кратчайшие сроки народнохозяйственный комплекс был переориентирован на военный лад. В те суровые годы войны каждый житель республики стал равноправным участником борьбы против фашизма.

В Таджикистане с первых дней войны для нужд фронта была мобилизована большая часть сельскохозяйственной техники и лошадей. А работа на полях продолжалась, более того удвоилась, несмотря на неимоверно сложные условия. Поставки тракторов и удобрений прекратились полностью. 80% всех сельскохозяйственных работ приходилось выполнять вручную, крестьяне вновь использовали плуг, зачастую в него впрягались они сами. В результате было обработано меньшее количество посевных площадей, что привело к значительному падению урожая. В тылу в колхозах работали в основном женщины, дети и старики. Ситуация в аграрном секторе складывалась критическая.

**Женщины.** До начала войны многие женщины, особенно в сельских местностях традиционно занимались дома в приусадебных хозяйствах. Большинство из них работали на полях и были вовлечены в сельскохозяйственное производство. Но с началом войны многим молодым женщинам пришлось уйти из сельского хозяйства. Большая часть из них, особенно бездетные колхозницы, переехали в города, работали в предприятиях промышленности, а часть из них учились в ремесленных училищах.

Весь период войны ощущалась острая нехватка трудоспособных женщин в селах, в колхозах и артелях. Из колхозов на войну или в города на работу в военные предприятия были мобилизованы практически все специалисты. Женщинам пришлось осваивать профессии механизатора, тракториста, механика, шофера и др. Только за 1941-1942 годы в республике было подготовлено 1340 трактористов, из которых 70 процентов были женщины и девушки. Сельские женщины заменяли также ушедших на фронт большинство руководителей и организаторов колхозного производства. Среди них были председатели, их заместители, бухгалтера, учетчики, бригадиры, звеньевые и т.д.

В первые годы войны число трудоспособных мужчин в колхозах республики было еще преобладающим. А с начала 1943 г. женщин-колхозниц стало почти на 50 тыс. больше. До войны в колхозах женщины в основном участвовали в прополке, в окучивании, в чеканке хлопчатника, в уборке урожая.

После ухода мужчин на фронт женщинам пришлось осваивать «мужские» и массовые колхозные специальности – кетменщика, поливальщика, пахаря, пастуха, табунщика и т.д. В селах женщины в основном работали в поле. Весной занимались коконоводством. Приходилось работать днем и ночью.

В городах на промышленных, особенно оборонных предприятиях недостаточно было рабочих, не говоря уже о инженерно-технических работниках. А в аграрных районах катастрофически не хватало специалистов сельского хозяйства. По всей республике женщины повсеместно были охвачены перекалфикацией. Переподготовка новых кадров из числа женщин, девушек осуществлялась через краткосрочные курсы и школы. Срок их обучения зависел от сложности и трудности профессии. Но главным оставалось индивидуальное обучение в процессе работы. Например, в одной только Ленинабадской области было подготовлено 560 женщин-пахарей, сеяльщиков, поливальщиков и т.д. В районах области 395 женщин, впервые пришедших на животноводческие фермы, были обучены профессиям здесь же на фермах[4].

Примечательно, что в военные годы в республике 28 женщин-таджичек работали председателями колхозов, 88 – заместителями председателей, 54 – заведующими фермами, 1335 – бригадирами и 4588 – звеньевыми[5].

**Дети.** В Таджикистане в годы войны дети продолжали ходить в школу и получать образование, с пребыванием эвакуированных в школах, где без того не хватало мест, учебных парт, учителей ситуация еще больше усугубилась. Тем не менее эвакуированные дети были окружены особым вниманием. Из-за нехватки мест устраивали их в детские дома и школы. В районах, микрорайонах, махаллах за ними были закреплены участковые врачи, медработники. Им была предоставлена специализированная медицинская помощь. Ослабленные дети и страдающие теми или иными заболеваниями получали дополнительное питание. Детям эвакуированных и из семей фронтовиков выдавались бесплатные пайки. Росла сеть детских дошкольных учреждений. Среди детей эвакуированных, спецпереселенцев и депортированных было много детей, страдавших туберкулезной интоксикацией, желудочно-кишечными заболеваниями и с неустойчивым стулом. Для детей дошкольного возраста организовывались специальные детские ясли и сады.

В Таджикистане много было детей, оставшихся без родителей. Для них открывали специальные столовые. Жители республики повсеместно для них организовали сбор теплой одежды и питания.

Местные дети школьного возраста были вовлечены в хозяйственные работы. Подростки стали опорой для женщин и стариков, которые в основном трудились на производстве. В колхозах на места выбывших из колхозов кадров не работавшие до войны дети и подростки вставали в артельном хозяйстве.

Дети и подростки были активно вовлечены в социально-культурную жизнь республики. При СШ «КИМ» был организован художественный кружок пионеров. В нем выступало 27 пионеров и пионерок. Они готовили декламации, исполняли песни и танцы. Для декламаций выбирали в основном отличников. Они выступали также с концертами в праздничные дни – 8 марта, 1 мая, 7 ноября и в других мероприятиях[1].

Между детьми эвакуированных, беженцев и местными часто возникали конфликты. порою доходило до драки. В большинстве случаев это происходило из-за непонимания языка друг друга. Местные дети смеялись над немецкими и польскими, что они не говорят ни по-русски, и ни по -таджикски. А дети переселенцы - немцы, поляки и других национальностей, чтобы оградить себя от множества нападок местных, которые по численности намного превосходили их, объединились против местных. Между детьми часто происходили уличные драки. А старшее поколение относилось к этой проблеме толерантно, тем более дети спецпереселенцев, как и сами спецпереселенцы в правах были ограничены.

**Дети-сироты.** В годы ВОВ Таджикистан стал для десятки тысяч детей вторым домом. В республике особую заботу проявляли в отношении детей-сирот. Во всех областях и городах были учреждены детские комиссии, которые строго следили за опекой над сиротами. Всем детдомам и домам малютки были предоставлены земельные участки, сельскохозяйственный инвентарь и семена для организации подсобных хозяйств. Особую заботу проявило местное население, которое всячески старалось помочь детям-сиротам. Поистине материнскую заботу проявляли

женщины. Так, жительница Сталинабада Бибиойша Бобокалонова вместе со своими десятью детьми воспитывала еще восемь оставшихся без родителей детей из России и Белоруссии. Другая женщина колхозница сельхозартели им. Ленина Хабиба Разокова взяла на воспитание пять детей-сирот[15]. Таких было много. Тысячи дети-сироты были усыновлены в таджикских семьях. Они получили достойное воспитание, как и родные дети.

**Молодежь.** Молодое поколение военных лет действительно можно назвать «золотой молодежью». В невероятно сложных условиях жизни, быта, когда самим, своим семьям не хватало еды, одежды и других бытовых условий молодежь во всех сферах жизни и деятельности республики были на переднем крае борьбы тыловиков за победу. Работала на заводах, фабриках, предприятиях обслуживания городов. Активно участвовала в сельскохозяйственном производстве. В качестве волонтеров помогали старикам, неимущим, ухаживала за больными. Она проявила большую заботу о детях фронтовиков на предприятиях и колхозах, собирали деньги, одежду и обувь. Так, молодежь помимо приобретения теплой одежды для детей-сирот и детей фронтовиков собрала также деньги, продукты питания для нуждающихся. Сбор средств, одежды и продовольствия для детей-сирот и детей фронтовиков проходил и в других колхозах и предприятиях республики.

Безусловно, возросла роль молодежи в сельскохозяйственном производстве. Им доверяли ответственные должности. Более 400 комсомольцев работали председателями колхозов, 2500 – звеньевыми, 1000 – бригадирами, 500 – заведующими фермами. Молодежь составляла 45 процентов всех работающих в сельском хозяйстве.

**Старики.** На места выбывших из колхозов кадров вставляли не работавшие до войны в артельном хозяйстве старики. Они в основном занимались земледелием – пахали землю вручную, поливали, очищали арыки и каналы. А старушки удобряли навозом землю, часто приходилось им нести влажный навоз для повышения урожайности и обогащения почвы. Часть из них занимались животноводством, работали на конюшнях. В сезон урожая старики и старушки наряду с другими сельхозработниками по ночам не спали, трудились на земле. Некоторые старики имели дома точилки, веретена с целью навивания пряжи перерабатываемой в нить для пошива одежды и обуви. Мастера по пошиву одежды и изготовления обуви были почти в каждом кишлаке. За продукцию им давали натурой, в основном зерном, которое измерялось горстками.

**Учителя.** В школах, особенно в сельской местности учителей не хватало. В некоторых селах уроки велись в 2-3 смены. Сельские учителя после занятий вместе с учениками помогали колхозникам. В некоторых селах учителей заменили больные и старики. Труд оплачивали деньгами и в основном натурой. В школах детей и учителей кормили шуллой. В огромном котле варили муку с водой.

Из-за нехватки педагогических кадров, в школах начался отсев учащихся старших классов. Почти во всех городах школьные здания были переданы под госпитали. А занятия проводились в полевых условиях, когда было тепло. Так, например, учащиеся средней школы №1 г. Ленинабада занимались в помещении интерната и во дворе правления колхоза им. Ленина Исписарского района, передав здание школы под эвакуогоспиталь[6]

В школах Таджикистана катастрофически не хватало учителей. Состояние образования было критическое. Так, к концу 1943/44 уч. г. в школах работало более 6000 учителей, не имеющих среднего образования. Поэтому в городах были организованы заочные педучилища и консультативные пункты для студентов этих училищ. В республике были открыты 9 заочных педучилищ, в которых в 1944 г. успешно завершили летнюю сессию 3030 учителей. Для учащихся заочных педучилищ были открыты 70 консультационных пунктов[16].

**Врачи.** В городах больные лечились в основном в эвакогоспиталях, в которых работали врачи, медсестры, прибывшие вместе с эвакуированными ранеными. Не во всех селах были больницы. В отдельных кишлаках были медпункты, где работали медсестры или санитарки. Квалифицированных врачей в кишлаках почти не было. Тяжелобольных отправляли в районные больницы. В отдельных кишлаках в основном табибы и лекари лечили больных дома.

Только в июне 1943 года Таджикский государственный медицинский институт выпустил 125 врачей. Часть из них была отправлена на фронт, другая часть была распределена по военным госпиталям, а оставшиеся работали в районных больницах.

**Колхозники.** Война свои отпечатки оставила и на жизнь колхозников. В связи с уходом на фронт большого числа колхозников и рабочих совхозов, их места на поле заняли женщины и подростки. На полях они составляли основную рабочую силу. Многие женщины-колхозницы и молодежь возглавляли колхозы, совхозы, руководили бригадами, звеньями и животноводческими фермами. Катастрофически не хватало сельскохозяйственных кадров. Поэтому, при крупных колхозах, совхозах и МТС были открыты курсы по подготовке механизаторских кадров, бригадиров и работников других специальностей.

Если жители городов и поселков были обеспечены продкартами и снабжались по возможности некоторыми товарами повседневного быта, то в селах Таджикистана население фактически выживало. К тому же в колхозах нагрузка на каждого колхозников намного возросла. Дело в том, что многие из вновь пришедших не имело достаточного опыта и навыков работы, да к тому же все большее значение приобретали ручной труд и использование простейших технических средств и живой тягловой силы (лошадей, волов, а то и коров). Поэтому в тех колхозах, где было много новобранцев производительность их труда была не высокой. Труд колхозника была невероятно сложной. Нехватка техники привела к тому, что в большинстве колхозов обработку полей пришлось провести вручную

**Рабочие.** В Таджикистане до начала ВОВ рабочий класс еще не сформировался. Война отбросила на многие годы, даже десятилетие план индустриализации. Поэтому подготовка новых кадров рабочих имела свои особенности. Она проводилась на различных курсах и непосредственно на предприятиях путем прикрепления учеников к инструкторам, передовым производственникам. На промышленных объектах республики наблюдалась нехватка рабочих рук, в результате чего было принято решение компенсировать на производстве дефицит мужчин за счет женщин и детей старшего возраста. В пищевой, хлопкоочистительной, текстильной промышленности в основном трудились женщины-работницы. Основную рабочую силу во всех сферах промышленности республики составляли женщины и молодежь Квалифицированных кадров рабочих

для промышленности и строительства в годы войны готовили ремесленные, железнодорожные училища и школы фабрично-заводского обучения. За период ВОВ ими было подготовлено 4,9 тысяч рабочих. Условия труда были невероятно сложными. На заводах, производимых военную продукцию, режим был суровым, а порядок работы очень строгим. На механическом заводе им. Орджоникидзе выполнялись военные заказы - рабочие занимались переоборудованием автомобилей марки ГАЗ-АА в спецмашины: санитарные и топливоцистерны. Для того, чтобы заказ был выполнен досрочно рабочим приходилось работать в две, а то и в три смены. Многие рабочие месяцами не ходили домой, после смены оставались и спали в складских помещениях завода. Особый режим работы был установлен в цехах, где изготавливались корпуса для снарядов, мин и ручных гранат. До начала производства здесь отсутствовал литейный цех. Для ускоренного производства военной продукции самим рабочим пришлось построить его[8].

Условия работы немного отличались в предприятиях легкой промышленности, где трудились в основном женщины и девушки. Они работали преимущественно на швейном, обувном, кожевенном и других предприятиях. Занимались выпуском тканей и военных изделий для фронта, изготовлением армейского обмундирования: гимнастерок, шинелей, телогреек, полушубков, нательного белья и сапог для фронтовиков.

Основной контингент предприятий по производству пищевых продуктов также составляли женщины и девушки. С большим энтузиазмом они трудились в изготовлении всевозможных концентратов, мясных и овощных консервов, компотов, сухарей, печенья и других видов продовольственных продуктов длительного хранения, необходимых для снабжения войск. Для стимулирования труда и улучшения условий труда и быта рабочих профсоюзы проявляли постоянную заботу. Они проводили различные мероприятия, направленные на их материальное обеспечение. Для рабочих были выделены специальные фонды продовольствия и промтоваров. Был установлен контроль за работой столовых и магазинов для рабочих.

Дисциплина на объектах производства, особенно военного назначения была очень строгой. Для нарушителей трудовой дисциплины вводились жесткие санкции. В случае временного ухода рабочего с завода или фабрики без разрешения руководства предусматривался тюремный срок от пяти до восьми лет. За воровство рабочие наказывались сурово, вплоть до расстрела, в зависимости от степени, характера и назначения украденного имущества.

**Жизнь по карточкам.** В конце 1941 года, в Таджикистане, как и во всех тыловых республиках, была внедрена карточная система снабжения населения. А в крупных городах, как Москва, Ленинград она была введена уже с июля 1941 г. Эти меры в основном касались не только хлеба, мяса, жиров, но и других продуктов питания. Ситуация в деревне была намного критической - не было чая, сахара, мяса. Практически все продукты отдавались на снабжение фронта и городов, колхозники выживали за счет подсобного хозяйства. Суть этой системы состояла в распределении основных видов продовольствия - хлеба, сахара, крупы, мяса и предметов ширпотреба по талонам, с указанием фиксированной цены[10,150].

В тыловых районах продовольственная норма была настолько минимизирована, что это зависело от категории людей и их деятельности. В Таджикистане, как и во всех

тыловых республиках, продовольственные карточки выдавались в основном населению городов и поселков, работникам промышленных предприятий оборонного назначения. Конечно, это было связано с тем, что рабочие этих предприятий занимались производством продукции стратегического назначения. Продкарточки также распределялись некоторым категориям специалистов в сельской местности, таким как учителя, врачи и др., которые не были связаны сельскохозяйственным производством. Так, рабочим промышленных объектов оборонного значения выдавался наибольший размер пайка. Работники оборонной промышленности относились к первой категории и получали от 800 до 1200 грамм хлеба в день. Другие рабочие получали 500 грамм, а служащие – 400-500 грамм в сутки. Меньше всего получали иждивенцы и дети до 12 лет, до 300-400 грамм[14].

Однозначно, в годы войны в городах и даже селах республики, среди всех других острее стояла продовольственная проблема. Отпуск продуктов по карточной системе осуществлялся с перебоями. Большая часть жителей городов и рабочих поселков жили впроголодь, кормясь в основном хлебом. В пунктах выдачи продовольствия по карточкам в городах Сталинабад, Ленинабад, Курган-Тюбе, жителям приходилось иногда долго стоять в очередях. Люди ежедневно занимали очередь с раннего утра. Иногда люди стояли по несколько часов в очередях и не доходя. Часто оказывалось, что продукты закончились, иногда не хватало хлеба тем, кто стоял в конце очереди.

В городах продталоны выдавались на месяц. По общей норме на каждого члена семьи полагалось 200 граммов хлеба. В сельских местностях наряду с пшеничной мукой, положенной после сдачи урожая в фонд обороны, в основном, употребляли кукурузу и ячмень.

В случае, если владельцы талонов теряли их, то во время восстановления им приходилось голодать. Хотя люди были очень внимательны друг к другу делились последним куском хлеба. Конечно, нормированное снабжение основными продуктами питания в городах и районах породило массу негативных явлений. Населению пришлось довольствоваться только жизненно важными продуктами, как хлеб, сахар, масло. Качество продтоваров было низкое. Самое лучшее поставлялось в фонд обороны и отправлялось на фронт.

В городах и поселках существовали стихийные рынки. Их называли еще и колхозными. В них люди продавали свои вещи, имущество, но больше всего обменивались товарами по бартеру. На рынках, несмотря на высокие цены, можно было приобрести такие продовольственные товары как картофель, некоторые зерновые, мясо, куриные яйца, сахар и др. А вот с пшеницей, мукой было трудно, во-первых, хлебопродуктов не хватало, а, во-вторых, люди боялись их продавать, потому что это строго контролировалось и преследовалось органами власти. Но не все могли себе позволить покупать продукты питания на рынках. К тому же во многих базарах, особенно продтовары продавались по спекулятивной цене. Конечно, были случаи, когда происходили разборки между продавцами и покупателями из-за обмера, обвеса, продажи некачественной продукции и т.д.

**Материально-бытовое положение.** Основная проблема, как в городах, так и в селах заключалась в нехватке продовольствия. Сельские труженики почти весь урожай отправляли на фронт, а сами голодали. В республике были уменьшены нормы на хлеб для рабочих и служащих. С осложнением ситуации на фронтах были установлены новые пониженные нормы снабжения хлебом. Население,

проживающее в сельской местности, были сняты со снабжения хлебом. Они получали свою долю из выращенного урожая только после сдачи плановой нормы государственному фонду обороны.

В неимоверно сложных условиях дефицита продуктов питания для восполнения продовольственных ресурсов существенное значение имели подсобные хозяйства предприятий и учреждений. Продовольственная корзина горожан и сельских жителей частично пополнялась за счет урожая из огородов трудящихся. В городах также были выделены земельные участки рабочим предприятий, учреждений и организаций с тем, чтобы они для дополнительного прокормления себя и своей семьи выращивали только основные продовольственные культуры. Из пустовавших земель были выделены земельные участки для подсобных хозяйств под огороды рабочим и служащим заводов и фабрик.

Проблему усугубляло еще положение с эвакуированными. Несмотря на заботу правительства СССР их прием, размещение и обеспечение сильно повлияли на повседневную жизнь республики, значительно ухудшили материально-бытовое положение местных жителей.

**Жилище.** Из-за прибытия огромного количества эвакуированных из фронтовой и прифронтовой полос СССР, жилищная проблема стала одной из наиболее острых проблем в городах республики. Их приходилось расселять в коммунальных и государственных домах, общежитиях. Для размещения эвакуированных передавались здания школ, дома культуры, ведомственные клубы, а порою временно их подсаляли в квартиры горожан. Условия проживания беженцев были тяжелыми. Большинство зданий, выделенные под жилище в городах и поселках республики были переполнены и требовали капитального ремонта. Помещения в холодное время не отапливались и многие из них не имели нормального освещения.

Сельское население в основном проживало в глинобитных домах. В небольших комнатах проживало по 4-5, а то и более человек. Не хватало предметов домашнего обихода.

**Пища.** Большая часть жителей городов и рабочих поселков жили впроголодь, питаясь в основном картофелем и хлебом. Зимой продукты заканчивались. Когда весной нечего было кушать, сельчане собирали травы. Их сушили, потом молотили и с водой варили. Многих сельских жителей спасли тутовник, абрикосы, орехи. Тутовник сушили летом, он становился настолько твердым, что его приходилось рубить топором. Потом из него делали «талкон». Население от многих болезней, как грипп, воспаление легких и ангины спасал «шинни», который был сделан из различных фруктов, арбуза и дыни летом и осенью.

**Одежда.** Из-за того, что вся продукция в первую очередь отправлялась на фронт, а затем снабжалось городское население, хуже обстояло дело с обеспечением сельского населения промышленными товарами и предметами повседневного обихода. Сельским жителям приходилось в основном самим заниматься изготовлением одежды и обуви. У многих одежда была сшита из домотканой ткани. У большинства детей обуви не было совсем. Весной, летом и даже осенью они ходили босиком. В городах большинство рабочих месяцами ходили в рабочей одежде.

**Занятие.** Оставшаяся молодежь допризывного возраста всячески поддерживала тружеников тыла. Но одновременно пополняли военный резерв республики. Основная масса была охвачена всеобучем. Из числа молодежи в течение полугода с начала войны в Таджикистане всеобуч прошли около 200 тыс. человек. Среди них большинство составляли женщины и девушки. Они активно обучались военному делу на медицинских курсах. Всего за период Великой Отечественной войны в республике было подготовлено 3300 сандружинниц, 2000 медсестер и 5000 санитарок[11,221].

**Учеба.** В годы войны в тяжелом положении находились школы и ВУЗы республики. Суровые условия военного времени создавали большие трудности в деятельности общеобразовательных школ, техникумов и вузов. При слабой учебно-материальной базе учащиеся были лишены нормальных условий для занятий. В школах не хватало учебников и учебных пособий, школьных принадлежностей. В течение первых трёх лет войны учебники в республике не издавались. Школы ощущали острую нехватку учительских кадров. Тысячи учителей ушли на фронт.

Заметно сократилось число педагогических кадров в школах и в единственном в республике ВУЗе. В школах начался отсев учащихся старших классов. Многие школьные здания в г. Сталинабаде были переданы под госпитали. Многие школьные здания были переданы под эвакуогоспиталь[6]. Так было в Курган-Тюбе, Кулябе, Гиссаре и в других городах и районах республики.

Учащиеся старших классов были охвачены обучением в трудовых резервах. Все они, одновременно осваивая школьные предметы, обучались различным профессиям и несмотря на трудности, которые им пришлось преодолеть, были направлены на предприятия с определенными профессиональными знаниями. Ониполнили ряды рабочего класса республики, работали наравне со старшими по различным специальностям. Из числа молодежи всего в республике в годы войны в 10 ремесленных училищах и школах ФЗО было обучено 4,9 тыс. человек[13,225].

Из-за того, что молодежь с незаконченным средним образованием составила основной контингент распространенных во время войны курсов по ускоренной подготовке кадров для сельского хозяйства, учителей, техников и других специалистов в школах резко сократилось число учащихся-старшеклассников. А другая часть оставшейся школьной молодежи в дни войны продолжая обучение, параллельно еще и работали. В городах они пополнили кадрами промышленные предприятия, а на селе помогали колхозникам, механизаторам машинно-тракторных станций (МТС) и др. Другая причина отсева учащихся из школ заключалась в материальной необеспеченности семей учеников. Они стали основными кормильцами своих семей.

**Отдых. Досуг.** Несмотря на все трудности в республике старались организовать отдых для учащихся, детей-сирот, эвакуированных. В самый разгар войны в 1943 г. СНК Таджикской ССР принял меры по проведению летней оздоровительной кампании. В республике были открыты пионерские лагеря: в Сталинабаде на 1100 человек, в Ленинабаде – на 700 человек. На летний период были переведены на оздоровительный режим с четырехразовым питанием 800 воспитанников детских домов, 100 детей детских садов и яслей[17]. С улучшением обстановки на фронтах и укреплением экономики в республике больше стали уделять внимание здоровью и

отдыху детей. Так, в 1944 г. в пионерских лагерях, на детских площадках, в санаториях летним отдыхом и лечением были охвачены 10 тыс. детей[7].

Для старшего, трудоспособного населения в цехах, полевых бригадах и звеньях на досуге поводилась воспитательная работа во время обеденных перерывов. Для рабочих и служащих на предприятиях и учреждениях проводились собрания, доклады и беседы из героических страниц истории таджикского народа и народов СССР. Конечно, в беседах, основную тематику составляла история совместной борьбы русского и таджикского народов против иноземных завоевателей.

**Культурно-бытовая жизнь.** В годы войны проводились мероприятия культурно-бытового характера для населения. Это были индивидуальные и групповые беседы, коллективное чтение газет с последующим их обсуждением, концертные выступления в перерывах между сменами, проведение собраний домохозяек, интеллигенции. Для вовлечения в массовую работу сельских тружеников во время сбора урожая были организованы передвижные библиотеки, походные клубы, агитпоезда и концертные бригады.

Огромное значение в повседневной информативной жизни тружеников тыла сыграло радио, которое постоянно держало жителей республики в курсе событий, происходящих на фронтах, в тылу и на международной арене. Радиопередачи велись на русском, таджикском и узбекском языках.

В социально-культурной жизни населения важную роль сыграли театры, которые также были военизированы. Коллектив Курган-Тюбинского районного театра поставил пьесы «Разведчик», «Семья», «Граница», «Маска» и др.[2]. В городе Курган-Тюбе функционировал колхозно-совхозный театр. Коллектив этого театра ежедневно выезжали в села и давали концерты. Во время сезона сбора урожая дежканам ежедневно давали концерты. Таким образом, был обеспечен минимальный культурный досуг крестьян. С приходом беженцев в жизни народов произошел социо-культурный синтез. Это проявлялось практически во всем: в приготовлении пищи, одежде и др. Жизнь под одной крышей привело к тому, что эвакуированные вошли в совершенно им неведомую жизнь и культуру таджиков, то в культурно-бытовой жизни последних также произошли изменения.

**Свадьба.** Несмотря на тяжелые условия жизни молодые, оставшиеся в тылу, влюблялись, играли свадьбы и создавали свои семьи. Хоть в какое то время забывали про войну. В первые годы войны, из-за неопределенности многие молодые торопились жениться, а потом многим пришлось уйти на фронт. очевидцы не помнят, что тогда были ЗАГСы. Молодожен венчали асакалы села или глава духовенства. Свадебный дастархан накрывали в основном в доме у жениха. На свадьбу приглашали только родных невесты. Дастархан накрывали тем, что было, в основном сухофруктами из абрикоса, персика и миндаля. Конфет тогда не было. Свадебное меню состояло из лепешек, плова или другой из горячей пищи. После свадьбы жених и невеста жили в доме у родителей жениха. В редком случае, если у родителей невесты не было сына, то молодожены жили у родителей невесты.

**Ритуалы.** Ритуалы в основном были печальные. В доме получившего «черное письмо», все жители собирались, женщины приходили в траурной одежде. Среди женщин одна плакальщица воспевала, а другие хором припевали «Вой балам, вой балам». Это продолжалось 2-3 часа. Почти все рыдали[3].

**Болезни.** Зимой 1941 года в Сталинабаде началась вспышка сыпного тифа и дизентерии. Это в то время, когда, начиная с декабря 1941 года, ежедневно в Душанбе начали прибывать тысячи эвакуированных жителей из фронтовых и прифронтовых полос СССР. Положение усугублялось тем, что в течение короткого времени сотни срединих заболели. Местные жители говорили, что это они привезли инфекцию из неблагоприятных регионов, где шла война, люди голодали и болели. Для ликвидации эпидемии в Душанбе были спешно организованы круглосуточные бани, дезинфекторы и прачечные; места общественного пользования обрабатывались, людей в буквальном смысле проверяли на вшивость, а больных с лихорадкой и температурой — изолировали[9]. Проводились масштабные противомаларийные работы. Этим занимались сотрудники Сталинабадского института малярии и медицинской паразитологии. Они ежедневно разъезжали по районам и собственными силами проводили обследование и ликвидацию малярийных вспышек. Самые распространенные болезни в годы войны были дизентерия, малярия, грипп, тиф, туберкулез. Даже в самых отдаленных уголках республики были проведены профилактические работы. Например, в результате противоэпидемических и санитарно-гигиенических мероприятий по Кулябской области в 1945 г., количество заболеваний сыпным тифом уменьшилось по сравнению с 1944 г. в 2 раза[12]. В целом, даже в суровых условиях войны удалось сдержать распространение массовых эпидемических заболеваний

**Привычки.** В годы войны многие расстались со своими привычками, а другие приобрели их. До начала войны мужское население в основном было занято устройством своего хозяйства, обеспечением своей семьи. Война изменила взгляды человека, его внутренний мир и психологию. С другой стороны, в городах с прибытием беженцев, эвакуированных произошла некая социально-культурная трансформация в жизни местного населения. Если до войны в селах мужчины в основном курили нос, в городах, сигарету, махорку, то с началом войны часть мужского населения тяготела к алкоголю. Но их на селе было немного. Спиртными напитками увлекались в основном в городах. Из-за нехватки спиртных напитков некоторые варили дома самогон.

По сравнению с городами в селах, особенно в конце зимы и начале весны обострялась кража в основном продуктов питания, а иногда и имущества населения. Воровали пшеницу, другие продукты, но больше всего домашний скот. В городах, в основном охотились на продкарточки. Были случаи ограбления складов продовольствия.

Все это, конечно фрагментарная история повседневной жизни таджикстанцев. На самом деле в годы войны произошли серьезные изменения в жизни всех слоев населения. Не хватало еды, продуктов, одежды, обуви. Дети и старики недоедали. Большую часть выращенного собственными руками урожая колхозники отправляли на фронт. А сами голодали. Война коснулась каждого, каждой семьи. Оставаясь в тылу все – женщины, дети, старики, молодежь внесли в эту Великую победу свою лепту. Каждый из них старался в своей повседневной жизни трудиться по максимуму, помочь выживать своей семье, близким и родным, эвакуированным и вместе приближать час победы.

#### Литература:

1. Большевики Кургонтеппа. 8 марта 1941 г.
2. Большевики Кургонтеппа. 21.01.1942.

3. Из беседы с К.Назыровым, председателем колхоза Ижтимои Кабодиенского района (1920 г.р.)
4. ГАНИ РТ. – Ф.3. – Оп.93. – Д. 41. – Л. 91.
5. ГАНИ РТ. – Ф.3. – Оп.93. – Д.41. Л.32-33.
6. ГАСО Республики Таджикистан. – Ф.20. – Оп.2. – Д.200. – Л.110.
7. Коммунист Таджикистана. – 1944. 16 июня
8. Коммунист Таджикистана. 1941. 4 июля
9. Коммунист Таджикистана, 1942. 21 февраля
10. Кринко Е.Ф. Карточная система и регламентация потребления советских граждан в 1941–1945 гг. //Сумський історико-архівний журнал. 2012. № XVI-XVII. С. 150.
11. Народное хозяйство Таджикской ССР. – Душанбе, 1957. – С.221.
12. КФГАРТ.-Ф7. -Оп. 1. -Д.87. -Л.139, 140
13. Народное хозяйство Таджикской ССР. – Душанбе, 1957. – С.225
14. Постановление СНК СССР и ЦК ВКП (б) от 7 апреля 1942
15. Стахановец. - 1942. 13 сент.
16. ЦГА РТ. – Оп.11. – Д. 62. – Л. 92-94.
17. ЦГА РТ. – Ф.279. – Оп.14. – Д.6. – Л.115-116; Кизил Тожикистон. – 1943. 7 сент.

# ФИЗИКА

## АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПРОДОЛЬНОЙ СКОРОСТИ В ОДНОРЯДНОЙ СИСТЕМЕ ИМПАКТНЫХ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СТРУЙ, НАТЕКАЮЩИХ НА ПЛОСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

**Лобанов Игорь Евгеньевич**

доктор технических наук  
Московский авиационный институт  
ведущий научный сотрудник

**Ключевые слова:** математический; численный; аналитический; метод; скорость; импактный; струя; продольный; однорядный; система; плоскопараллельный; поверхность; плоская; сопротивление; потери; сопло

**Keywords:** mathematical; numerical; analytical; method; speed; impact; jet; longitudinal; single-row; system; plane-parallel; surface; flat; resistance; loss; nozzle

**Аннотация:** Получены аналитические и численные решения задачи о распределении продольной скорости в однорядной системе импактных плоскопараллельных струй, натекающих на плоскую поверхность, базирующиеся на нелинейном дифференциальном уравнении второго порядка. Решения отличаются от существующих учётом большего числа определяющих факторов, учитывают нелинейность потерь на плоской поверхности. Имеющиеся решения могут быть охарактеризованы как частный случай полученных в данной работе. Результаты могут быть использованы для детерминирования локальных коэффициентов массоотдачи и теплоотдачи.

**Abstract:** Analytical and numerical solutions to the problem of the longitudinal velocity distribution in a single-row system of impact plane-parallel jets flowing on a flat surface are obtained, based on a nonlinear second-order differential equation. Solutions differ from existing ones by taking into account a larger number of determining factors, taking into account the non-linearity of losses on a flat surface. The available solutions can be described as a special case of the results obtained in this paper. The results can be used to determine local mass and heat transfer coefficients.

**УДК 532.525.6**

### ВВЕДЕНИЕ

Струйное обдувание поверхности - одно из эффективнейших методов повышения интенсификации теплоотдачи при воздушном омывании поверхностей. Для рациональных условий это обуславливает увеличение интенсификации теплоотдачи от 3 раз до 5 раз сравнительно с продольными обтеканиями. Главные плюсы струйных обдуваний по отношению к другим методам интенсифицировании теплоотдачи для газообразных теплоносителей: большая интенсивность для довольно малых прикладываемых мощностей на реализацию этого в совокупности с

простым и гибким регулированием процесса с возможностью реализации интенсифицировании теплоотдачи лишь на локальных поверхностных площадках. Данные преимущества приводят к довольно широким распространениям в разных разделах индустрии. Обдувание поверхности дозвуковой струёй применимо в авиации, ракетной технике, космосе, энергетике, химической технологии и ещё в разных областях текущей индустрии.

В энергетическом машиностроении струйное обтекание используется в устройствах воздушных охладителей для детали газовой турбины: лопатки, диски. Интенсифицирование процесса сушения и термического обрабатывания в индустрии рулонного материала струйными методами есть основной путь увеличения эффекта их изготовления. Струйное подведение теплоносителя в прокате применяется для установок для термической обработки стальных и цветных листов. В теплообменных аппаратах с системами импактных струй первый теплоноситель выводится на теплообменные поверхности в форме струйных систем, а обогрев или охлаждение другой поверхности осуществляется вторым теплоносителем. Местные охлаждения твэла и блока радиоэлектронной аппаратуры реализуются при применении систем струй.

Для защитных систем летательного аппарата от обледенений, для очищения взлётной и посадочной полосы от снегов и наледей есть приспособления для струйных обдувов поверхностей горячими воздушными потоками.

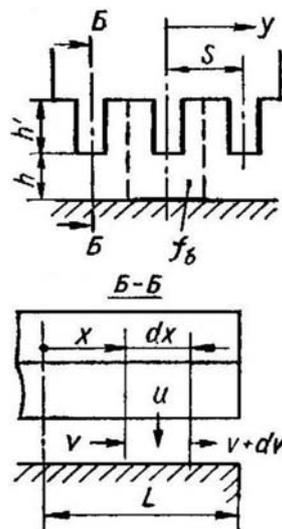
Достаточно обстоятельный анализ гидрогазодинамических и теплообменных, теоретических и экспериментальных исследований для струйного обтекания поверхностей приводится в [1].

Актуальная составляющая работы заключена в том, что интенсификация подведения—отведения теплоты от поверхностей есть фактор, который больше всего детерминирует эффект применения и надёжности изделий современной индустрии, а ещё и эффект производительности разных процессов технологии, а также качество изделия. Это обстоятельство становится ещё актуальнее в тех устройствах и аппаратах, где применяется газообразный теплоноситель. Самый доступный теплоноситель - воздушный, который менее эффективен, чем жидкостный теплоноситель по коэффициенту теплоотдачи с поверхностями. Поэтому, работы по интенсифицированию процесса теплоотдачи при обтеканиях тела и поверхности воздушным теплоносителем являются актуальными во всё большей степени.

Во многих случаях при исследованиях импактных струй применяются эмпирические формулы, сгенерированные на базе методов теории подобия и тепловом моделировании, следовательно, крайне важно является использование теоретического подхода.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПРОДОЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ В ОДНОРЯДНЫХ СИСТЕМАХ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ИМПАКТНЫХ СТРУЙ, КОТОРЫЕ НАТЕКАЮТ НА ПЛОСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Практически система щелевых плоскопараллельных струй часто реализуются при помощи сопловых коробок, имеющих совокупность из плоского сопла (или из фрезерованного паза) (рис. 1).



**Рис. 1. Расчётная схема для однорядных систем плоскопараллельных импактных струй, которые натекают на плоские поверхности.**

Данная конфигурация устройств обуславливает симметричные отводы ко всем боковым краям теплообменных поверхностей (для направления  $x$ ) всего сработанного воздуха из сопел, что обуславливает тем более сильное воздействие на поля течений и, на коэффициенты теплообменов, чем меньше отношения поперечных сечений отработанных потоков  $f_b$  к площадям выходных сечений плоских сопел, равных  $bL$  ( $b$  — ширина выходных сечений плоских сопел или щелей;  $L$  — длина теплообменных поверхностей в направлениях выходов отработанного воздуха;  $s$  — шаги струи в системе), которые называются "относительная площадь сечений отработанных потоков":  $\bar{f}_b = \frac{f_b}{bL}$ .

Вопрос о воздействии обработанных потоков на теплоотдачу в направлении оси  $x$  при обдува щелевого сопла заключается в следующем (рис. 1). Вначале переписывается массовый баланс по элементарным объёмам  $f_b dx$  трубопроводов с поперечными сечениями  $f_b$  для постоянных плотностях теплоносителей  $\rho = \text{const}$ :

$$vf_b + ub dx = (v + dv)f_b = vf_b + f_b dv. \quad (1)$$

Поперечная скорость  $u$  зависит от  $x$  нижеследующим образом, что вытекает из уравнения (1):

$$u(x) = \frac{f_b}{b} \frac{dv}{dx}. \quad (2)$$

Для непрерывного подвода воздуха для трубопровода по всей его длине имеют место ускорения потоков  $dv/dx$  по оси  $x$ , следовательно, скорости на выходах из каналов  $f_b$  равны:

$$v_2 = \frac{b}{f_b} \int_0^L u(x) dx = u_{\text{ср}} \frac{bL}{f_b}, \quad (3)$$

где  $u_{\text{ср}}$  — поперечная осреднённая скорость.

Баланс количеств движений для элементарных объёмов:

$$f_b(p + \rho v^2) = f_b(p + dp + \rho(v + dv)^2) + dF_{\text{тр}}, \quad (4)$$

где  $F_{\text{тр}}$  — силы трения.

После раскрытия скобок и разделенич обеих частей формулы (4) на  $dx$ , определим градиенты давлений ( $-dp/dx$ ):

$$\left(-\frac{dp}{dx}\right) = \frac{d}{dx} \left(\frac{F_{\text{тр}}}{f_b}\right) + 2\rho v \frac{dv}{dx}. \quad (5)$$

Далее примем, что части градиентов давлений, вызываемой силами трения  $F_{\text{тр}}$ , прямым образом пропорциональны квадратам местных скоростей отработанных потоков:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{F_{\text{тр}}}{f_b}\right) = \xi_{\text{тр}} \frac{L}{d_r} \frac{\rho v^2}{2} dx, \quad (6)$$

где  $\xi_{\text{тр}}$  — коэффициенты сопротивлений трению;  $d_r$  — гидравлические диаметры прорых каналов.

Таким образом, градиенты давлений равны:

$$\left(-\frac{dp}{dx}\right) = 2\rho v \frac{dv}{dx} + \xi_{\text{тр}} \frac{L}{d_r} \frac{\rho v^2}{2}. \quad (7)$$

Уравнения энергий по объёмам сопел между поперечными сечениями перед соплами в расходных ресиверах  $sdx$  и выходных сечениях сопел  $bdx$ :

$$p_p + \frac{\rho u_p^2}{2} = p + \frac{\rho u^2}{2} + \zeta_c \frac{\rho u^2}{2}, \quad (8)$$

где  $p_p$  — давления в ресиверах;  $u_p$  — скорости в ресиверах ( $u_p = u\bar{f}$ );  $\zeta_c$  — коэффициент, учитывающей потери давлений в соплах (коэффициент  $\zeta_c = 0,169$ ; большие величины — отверстия с острой кромкой, маленькие величины — отверстия

с абрютированной кромкой; нулевые значения — профилированные сопла). Следовательно, имеются три уравнения — (2), (7), (8) — и три неизвестных:  $u(x), v(x), p(x)$ .

Перепишем формулу (8) в нижеследующей форме ( $\bar{f} = \frac{b}{s}$ ):

$$p_p - p = \left(1 + \zeta_c - \bar{f}^2\right) \frac{\rho u^2}{2}. \quad (9)$$

Продифференцируем формулу (9) по  $x$ , и запишем:

$$\left(-\frac{dp}{dx}\right) = \left(1 + \zeta_c - \bar{f}^2\right) \rho u \frac{du}{dx}. \quad (10)$$

Запишем формулу (2) в нижеследующей форме:

$$u(x) = \bar{f} \frac{dv}{d\bar{x}}, \quad (11)$$

где  $\zeta_k = \xi_{\text{тр}} \frac{L}{d_r}$ ,  $\bar{x} = \frac{x}{L}$ .

Левые части формул (7) и (10) соответствуют градиентам давлений, следовательно, равны и их правые части; при сокращении на  $2\rho$ , можно записать:

$$v \frac{dv}{d\bar{x}} + \frac{\zeta_k}{4} v^2 = \frac{1 - \bar{f}^2 + \zeta_c}{2} u \frac{du}{d\bar{x}}. \quad (12)$$

В дальнейшем, вычислим производные  $\frac{du}{d\bar{x}}$  из формулы (11), после этого из формулы (12) получим главное нелинейное обыкновенное дифференциальное уравнение для продольных скоростей  $v(x)$ :

$$\frac{1 - \bar{f}^2 + \zeta_c}{2} \bar{f}^2 \frac{d^2 v}{d\bar{x}^2} - v \frac{dv}{d\bar{x}} - \frac{\zeta_k}{4} v^2 = 0. \quad (13)$$

В исследовании [4] главное уравнение (13) сильно упрощено методом взятия допущения, что пренебрежительно мало трение сравнительно с ускорениями потоков (а именно:  $\zeta_k \approx 0$ ), и ещё:  $\bar{f}^2 \ll 1$ . При введении нижеследующего обозначения:

$$\eta_x \stackrel{\text{def}}{=} A \bar{x}, \quad (14)$$

где  $A \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{\bar{f}_b} \sqrt{\frac{2}{\zeta_c + 1}}$ ,

получим нижеследующее обыкновенное дифференциальное уравнение по средним продольным скоростям  $v_x$  в текущих сечениях:

$$v'' = v. \quad (15)$$

Последнее условие существенным образом понижает теоретические ценности реализованных решений для уравнения (15), в особенности для случая теплообменной поверхности немалых длин.

Решения этого обыкновенного дифференциального уравнения (15) для изменений скорости  $v_x=f(\eta_x)$  и  $u_x=f(\eta_x)$  для системы щелевой струи, могут быть представлены в нижеследующей форме [4]:

$$\frac{v(x)}{u_{cp}} = \frac{1}{f_b} \frac{\text{sh}(A\bar{x})}{\text{sh} A}; \quad (16)$$

$$\frac{u(x)}{u_{cp}} = A \frac{\text{ch}(A\bar{x})}{\text{sh} A}. \quad (17)$$

Понятно, что полное пренебрежение силами трения обуславливает ощутимые погрешности, следовательно, для учёта последнего необходимо применять эмпирические зависимости (например, тем же авторов [5]) для локального коэффициента массоотдачи  $\beta_i \stackrel{m}{=} \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ , изменения чего по оси  $x$  соответствуют распределениям скоростей  $u(x)$  [4—5]:

$$\frac{\beta_i(x)}{\beta_i(L)} = \left[ \text{ch} \eta_x + \frac{(\eta_x^3 - \eta_x^5)}{6 \cdot 120} \zeta_k \right]^{-\frac{2}{3}}. \quad (18)$$

Сходные решения получаются при анализе гидро- и газодинамики для всасывающего коллектора [2]. В этом варианте решению подвергается гораздо сложное обыкновенное дифференциальное уравнение, которое связывает средние продольные скорости  $v_x$  в сечениях с продольной координатой  $x$ :

$$[\bar{V}_x]^2 - A^2 \bar{V}_x^2 - [\bar{V}_0]^2 = 0, \quad (19)$$

где  $V_x$  — объёмные расходы;  $V_x' = \frac{dV_x}{dx}$ ;  $u_x = V_x' \left( \frac{\cos \varphi}{\delta} \right)$ ;  $V_0' = \frac{dV_x}{dx} \Big|_{x=0}$ ;  $\bar{V}_x = V_x/V_b$ ; индексы "b" означают выходные сечения каналов;  $f_x/f_b=1$ ;  $f=\delta L/\cos \square(\varphi)$ ;  $\delta$  — ширины щелей;  $L$  — длины теплообменных поверхностей в направлениях выходов отработанного воздуха;  $\varphi$  — углы наклонов площадок  $\delta \Delta x$  к осям абсцисс;  $A = \mu_1 \frac{f_0}{f_b} \sqrt{\zeta_k + 1}$  — универсальные характеристики коллекторов;  $\zeta_k$  — постоянные коэффициенты местных сопротивлений коллекторов;  $\mu_1$  — коэффициенты расходов [2].

Решение этого обыкновенного дифференциального уравнения сводятся к нижеследующим формулам для продольной и поперечной скорости соответственным образом ( $\bar{x} = x/L$ ) [2]:

$$\bar{v}_x = \frac{v_x}{v_b} = \frac{\text{sh}(A\bar{x})}{\text{sh} A}; \quad (20)$$

$$\bar{u}_x = \frac{u_x}{u_{\text{ср}}} = A \frac{\text{ch}(A\bar{x})}{\text{sh} A}. \quad (21)$$

Подробным образом теория по этой проблеме приводится в исследовании [3], в котором рассмотрены аспекты моделирования движения теплоносителей с переменными расходами вдоль пути и для трубопроводов переменных сечений, что выходит за ограничения настоящей статьи.

Обыкновенное дифференциальное уравнение (19) определённее сложнее, чем (15), но менее сложно, чем (13), т.к. член который описывает потери на трение, принимается как константа, а в главном обыкновенном дифференциальном уравнении (13) он непостоянен как пропорциональность квадрата скоростей  $v$ .

Таким образом, главное обыкновенное дифференциальное уравнение (13) преимущественным образом отличается перед (15), (19), т.к. для его вывода применялось явно меньше допущений, что позволило определить нужные скорости потоков с большей точностью с учётом увеличенного количества определяющих характеристик.

Общие нетривиальные формальные аналитические решения задачи Коши главного обыкновенного дифференциального уравнения (13) может быть представлено в следующем виде:

$$v(x) = e^{\left\{ x \ni \left\{ x + 2 \int \frac{\bar{f}_b^2 (1 - \bar{f}^2 + \zeta_c) x}{\zeta_k - 2 \bar{f}_b^2 (1 - \bar{f}^2 + \zeta_c) x^3 + 4x} dx + C_1 = 0 \right\} \right\}} dx + C_2. \quad (22)$$

Нетривиальное формальное аналитическое решение задачи Коши при  $(v(0) = v_0; v'(0) = v'_0)$  главного обыкновенного дифференциального уравнения (13) можно представить в следующем виде:

$$v(x) = e^{\int_0^x \left\{ x \ni \left\{ x + 2 \int \left( \frac{\bar{f}_b^2 (1 - \bar{f}^2 + \zeta_c) x}{\zeta_k - 2 \bar{f}_b^2 (1 - \bar{f}^2 + \zeta_c) x^3 + 4x} \right) dx = 0 \right\} \right\}} dx + \ln v_0. \quad (23)$$

Точное аналитическое решение краевой задачи для главного обыкновенного дифференциального уравнения (13), что показано в (23), получить не получится, т.к. имеет место значительная нелинейность, следовательно, она может быть решена численными методами.

Решения (22) и (23) главного обыкновенного дифференциального уравнения (13) гораздо сложнее ранее выведенных решений (16) и (20), что показывает бесспорные преимущества первых над вторыми.

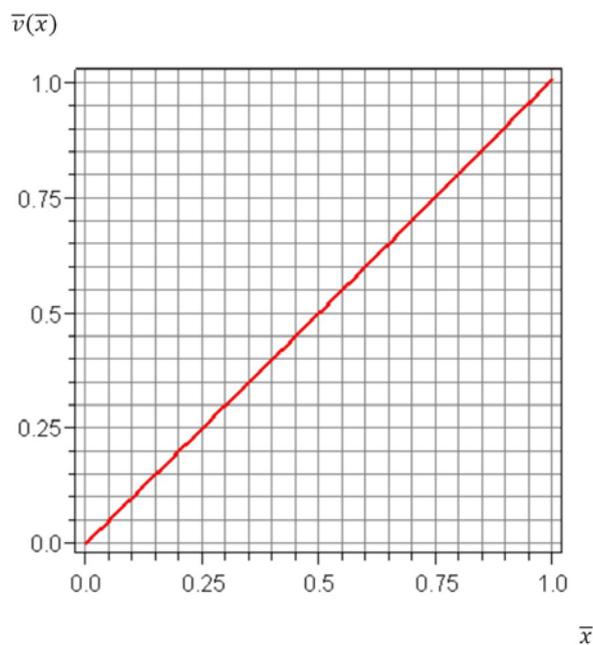
Численное решение главного нелинейного обыкновенного дифференциального уравнения (13) по продольным скоростям  $v(\bar{x})$  выгоднее представить в форме  $\bar{v}(\bar{x})$ , для чего главное уравнение нужно поделить на  $(v_b)^2$ . В данном исследовании численный расчёт при нужной точности проводится посредством метода Рунге—Кутты—Фелберга 4—5 порядков.

Численный расчёт для решений главного обыкновенного дифференциального уравнения (13) для задачи Коши можно представить в нижеследующем виде: можно сравнить их с приближённым численным решением при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}'(0) = 1$ .

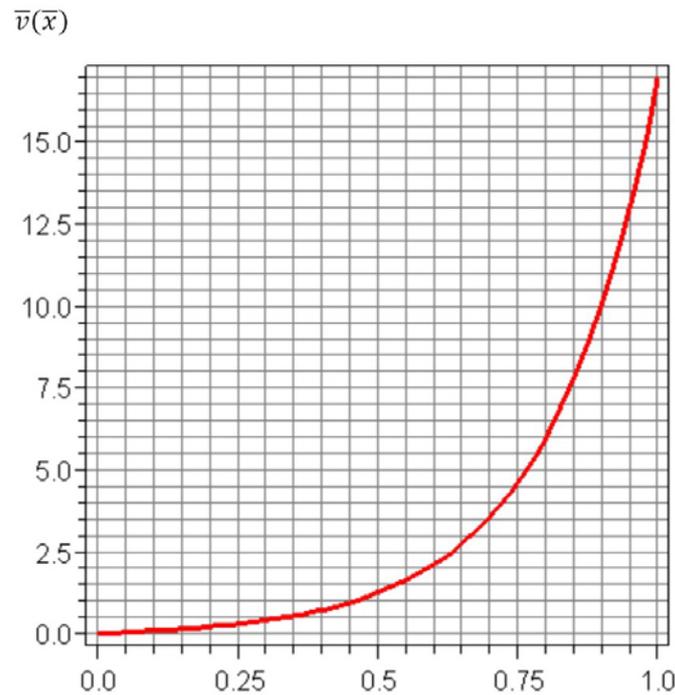
Определяющие характеристики для главного обыкновенного дифференциального уравнения (13) колеблются в нижеследующих пределах [1—5]:  $\bar{f}=0 \div 0,212$ ;  $\bar{f}_b=0,28 \div 3,5$ ;  $\zeta_c=0 \div 1,69$ ; параметры  $\zeta_k$  принимают величины от 0 для теплообменной поверхности малых протяжённостей до единицы или десятки для довольно длинной теплообменной поверхности; протяжённости теплообменной поверхности могут быть метрами или десятками метров (формальные решения возможны при  $\zeta_k=10^2$  или  $\zeta_k=10^3$ ).

Основной интерес - влияние на решение главного обыкновенного дифференциального уравнения (13) характеристик  $\bar{f}$  и  $\zeta_k$ .

Сделанный численный расчёт показал, что при  $\zeta_k=0$  характер зависимостей  $\bar{v}(\bar{x})$  для этих условий задачи Коши приходится между прямой (рис. 2) при  $\bar{f}=0$ ;  $\bar{f}_b=3,5$ ;  $\zeta_c=1,69$  до изогнутой (рис. 3) при  $\bar{f}=0,212$ ;  $\bar{f}_b=0,28$ ;  $\zeta_c=0$ . Можно сказать, что  $\lim_{\bar{f}_b \rightarrow \infty} \bar{v}(1) = 1$ . Зависимость от характеристики  $\bar{f}$ , чем пренебрегалось для получения существующего решения, на величину  $\bar{v}(\bar{x})$  может иметь место на 5%.



**Рис. 2. Решение задачи Коши для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}'(0) = 1$  для характеристик:  $\bar{f}=0$ ;  $\bar{f}_b=3,5$ ;  $\zeta_c=1,69$ ;  $\zeta_k=0$ .**



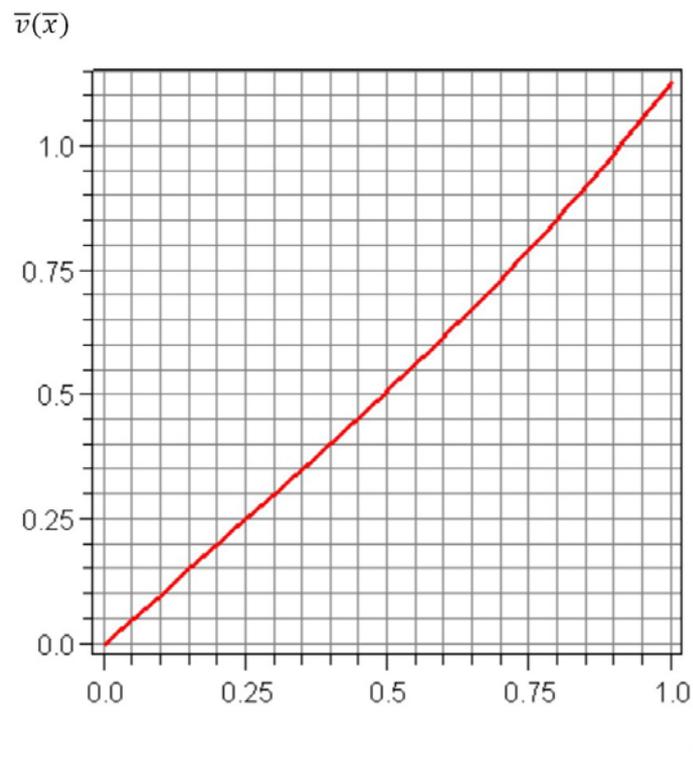
**Рис. 3. Решение задачи Коши для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}'(0) = 1$  для характеристик:  $\bar{f}=0,212$ ;  $\bar{f}_b=0,28$ ;  $\zeta_c=0$ ;  $\zeta_k=0$ .**

На рис. 4 приведены расчётные данные, которые аналогичны данным рис. 1, но для  $\zeta_k=100$ , из чего ясно, что влияния сопротивлений на трение на  $\bar{v}(\bar{x})$  относительно невелико, даже для значительного увеличения коэффициентов сопротивлений на трение  $\zeta_k$ .

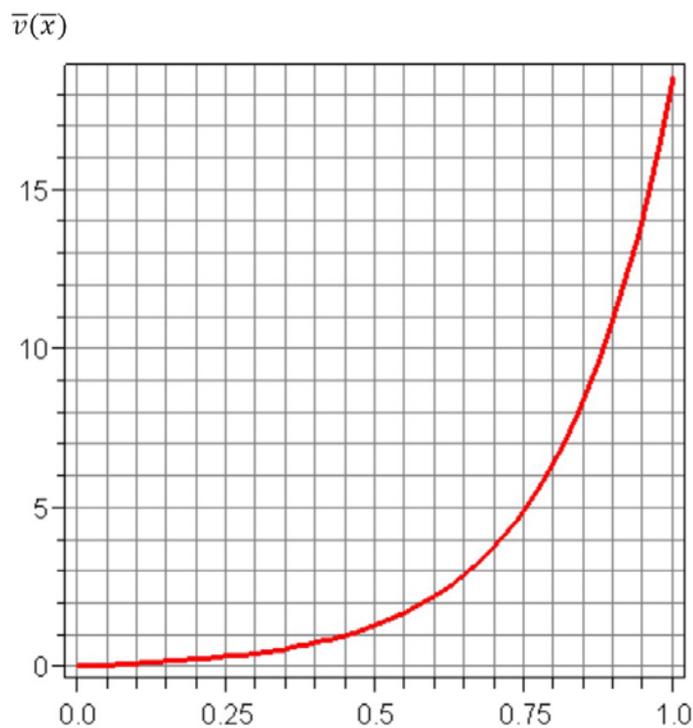
Соответствующие данные приводятся на рис. 5 и 6, но при  $\bar{f}, \bar{f}_b, \zeta_c$ , что характерно рис. 3.

Из рис. 3—6 ясно понятно, что неучтённое или неполное (приблизительное) учтённое сопротивлений на трение приведёт в общих случаях к очень большому расхождению с точными решениями главного обыкновенного дифференциального уравнения (13), что в особенности скажется на протяжённой теплообменной поверхности.

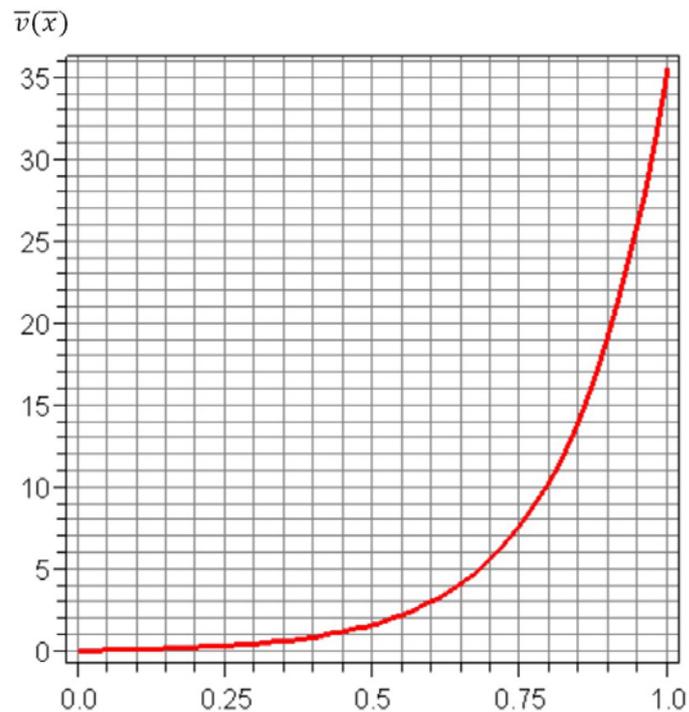
После сделанных численных решений главного обыкновенного дифференциального уравнения (13) для задач Коши, приводятся решения краевых задач для данного обыкновенного дифференциального уравнения:  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}(1) = 1$ .



**Рис. 4.** Решение задачи Коши для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}'(0) = 1$  для характеристик:  $\bar{f}=0$ ;  $\bar{f}_b=3,5$ ;  $\zeta_c=1,69$ ;  $\zeta_k=100$ .



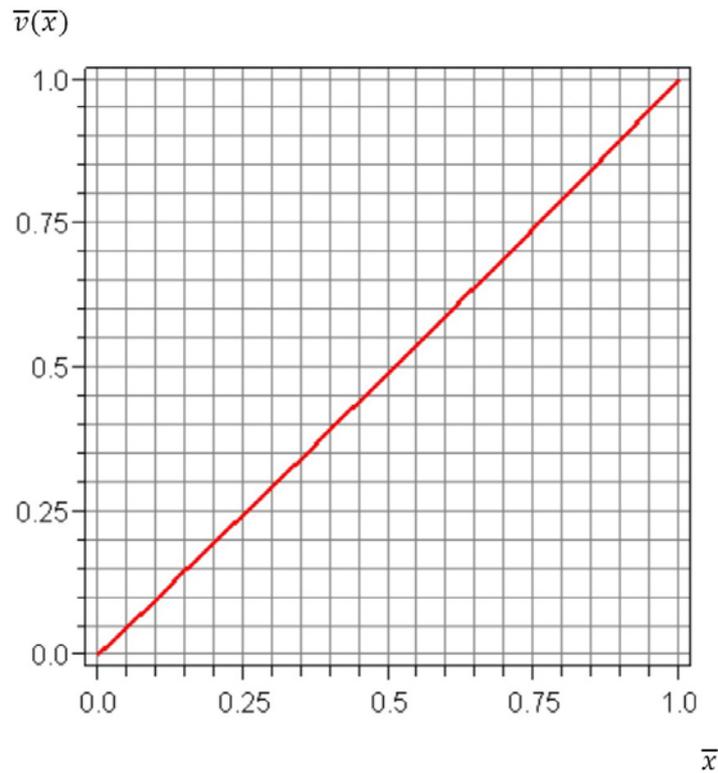
**Рис. 5.** Решение задачи Коши для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}'(0) = 1$  для характеристик:  $\bar{f}=0,212$ ;  $\bar{f}_b=0,28$ ;  $\zeta_c=0$ ;  $\zeta_k=1$ .



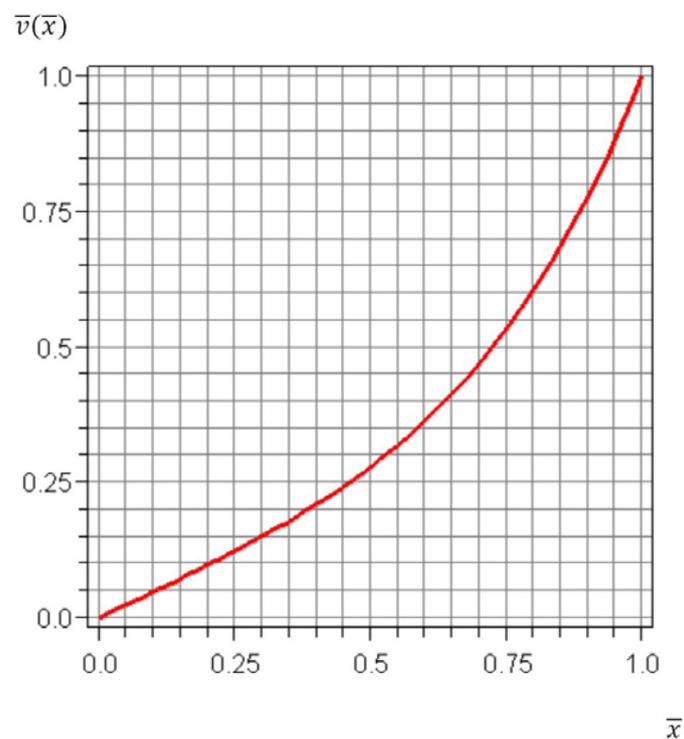
**Рис. 6. Решение задачи Коши для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}'(0) = 1$   
для характеристик:  $\bar{f}=0,212$ ;  $\bar{f}_b=0,28$ ;  $\zeta_c=0$ ;  $\zeta_k=10$ .**

При условиях, которые аналогичны рис. 2, для  $\zeta_k=0$  решения относительно  $\bar{v}(\bar{x})$  представляют из себя линейную зависимость (рис. 7).

Колкбания от линейной зависимости почти не имеет место и при повышении  $\zeta_k$  с 0 не только до 10, но и фактически до 100. Ощутимые отклонения от линейной зависимости  $\bar{v}(\bar{x})$  имеет место, если  $\zeta_k$  увеличивается до тысячи (рис. 8). Таким образом, для практического диапазона коэффициента сопротивлений на трение для  $\bar{f}=0$ ;  $\bar{f}_b=3,5$ ;  $\zeta_c=1,69$  профили скоростей  $\bar{v}(\bar{x})$  фактически не отклоняется от линейности.



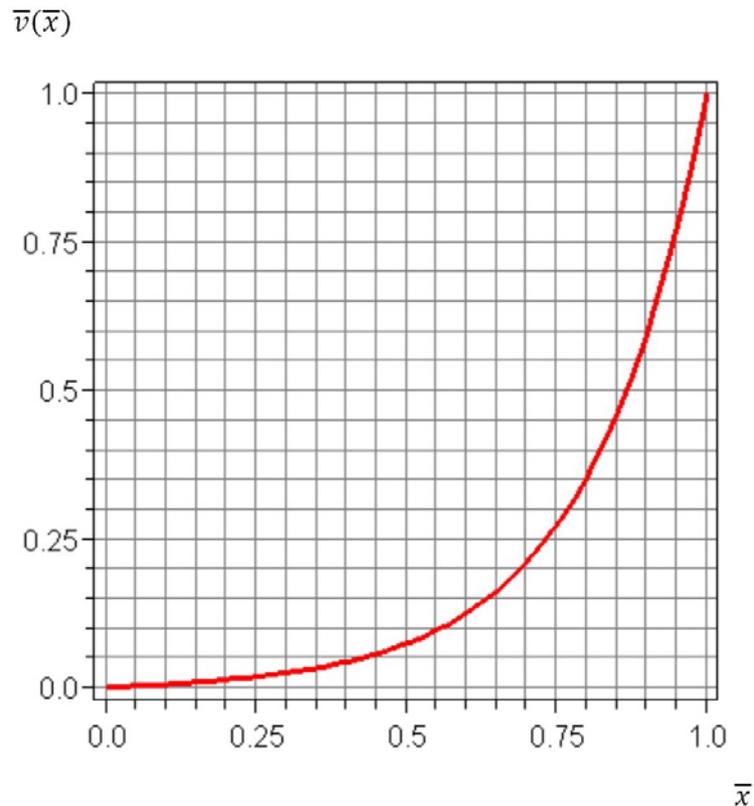
**Рис. 7. Решение краевой задачи для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}(1) = 1$  для характеристик:  $\bar{f}=0$ ;  $\bar{f}_b=3,5$ ;  $\zeta_c=1,69$ ;  $\zeta_\kappa=0$ .**



**Рис. 8. Решение краевой задачи для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}(1) = 1$  для характеристик:  $\bar{f}=0$ ;  $\bar{f}_b=3,5$ ;  $\zeta_c=1,69$ ;  $\zeta_\kappa=1000$ .**

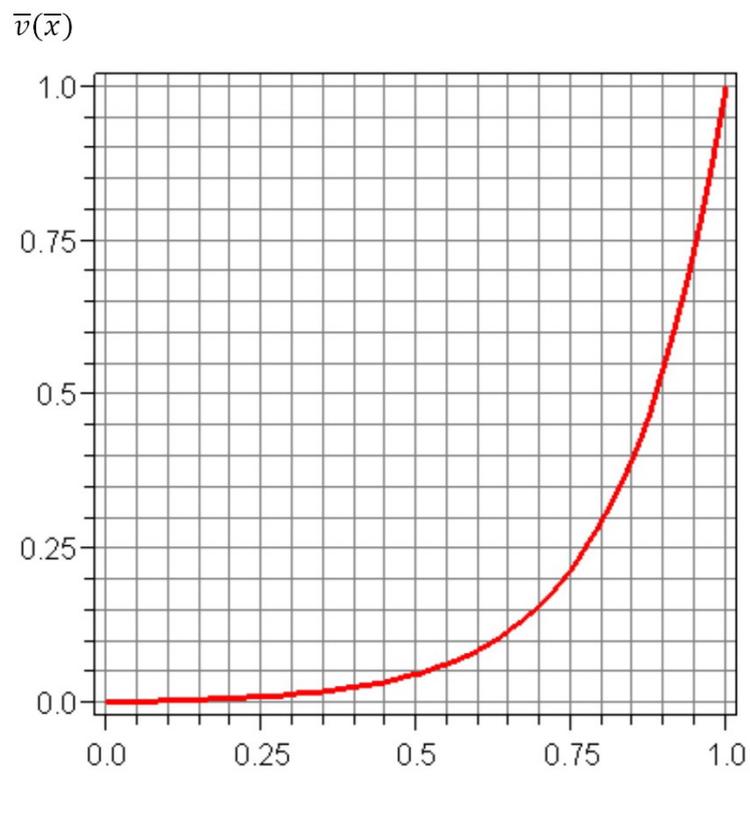
Далее нужно перейти к решениям краевых вышеуказанных задач для главного обыкновенного дифференциального уравнения (13) при условиях, которые аналогичны рис. 3.

Для  $\zeta_k=0$  решения при  $\bar{v}(\bar{x})$  является линия, рост коковой всё время увеличивается от 0 до 1 (рис. 9), что кардинально различается от линейной зависимости (ср. с рис. 7).

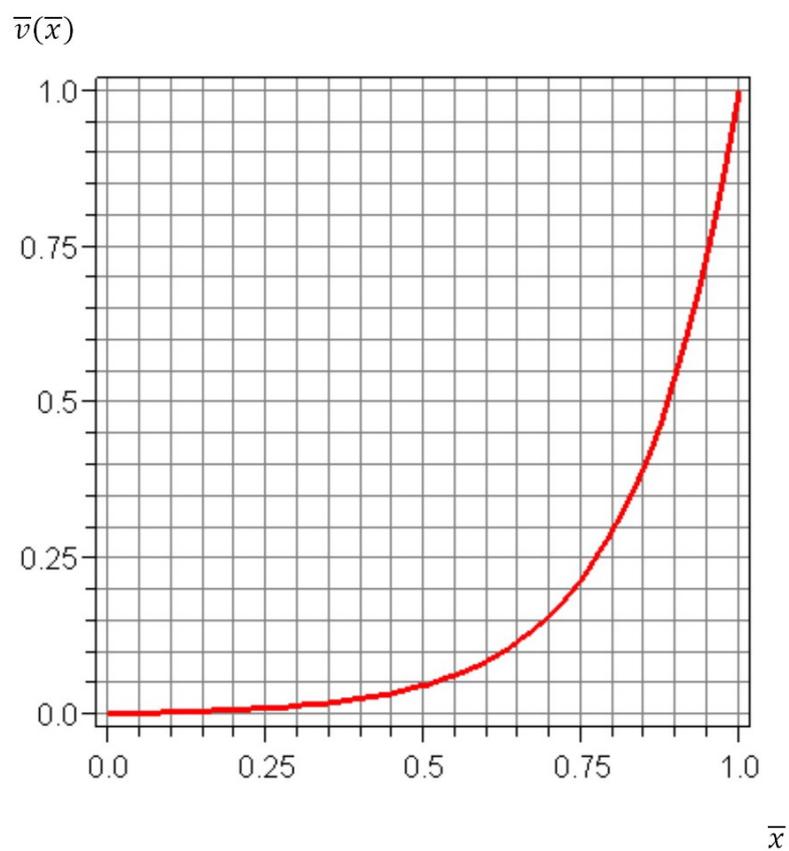


**Рис. 9. Решение краевой задачи для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}(1) = 1$  для характеристик:  $\bar{f} = 0,212$ ;  $\bar{f}_b = 0,28$ ;  $\zeta_c = 0$ ;  $\zeta_k = 0$ .**

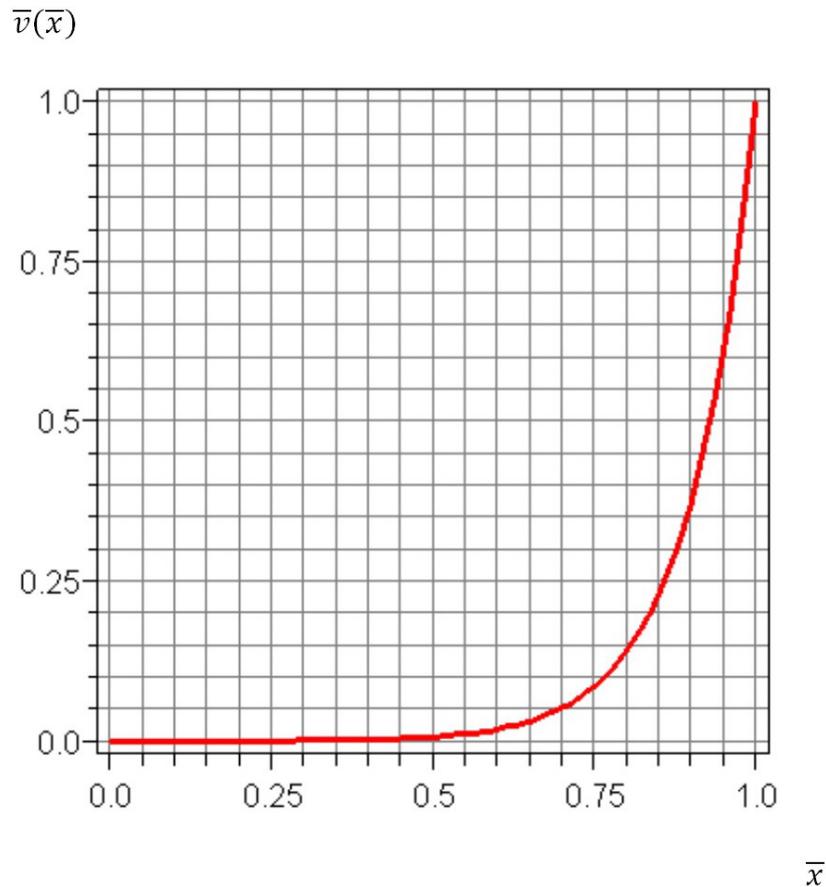
Для увеличения коэффициентов сопротивлений увеличение возрастных профилей скоростей  $\bar{v}(\bar{x})$  около нуля уменьшается, а около единицы — повышается, что хорошо понятно из рис. 10—12 соответственно при  $\zeta_k = 1, 10, 100$ .



**Рис. 10. Решение краевой задачи для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}(1) = 1$  для характеристик:  $\bar{f} = 0,212$ ;  $\bar{f}_b = 0,28$ ;  $\zeta_c = 0$ ;  $\zeta_k = 1$ .**



**Рис. 11. Решение краевой задачи для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}(1) = 1$  для характеристик:  $\bar{f}=0,212$ ;  $\bar{f}_b=0,28$ ;  $\zeta_c=0$ ;  $\zeta_k=10$ .**



**Рис. 12. Решение краевой задачи для  $\bar{v}(\bar{x})$  при  $\bar{v}(0) = 0$ ;  $\bar{v}(1) = 1$  для характеристик:  $\bar{f}=0,212$ ;  $\bar{f}_b=0,28$ ;  $\zeta_c=0$ ;  $\zeta_k=100$ .**

Последнее обстоятельство говорит о том, что для  $\bar{f}=0$ ;  $\bar{f}_b=3,5$ ;  $\zeta_c=1,69$  коэффициенты сопротивлений трения для практических диапазонов его изменений влияют на профили скоростей  $\bar{v}(\bar{x})$  значительным образом.

Подытоживая, можно заключить, что полученные величины содержат решения главного обыкновенного дифференциального уравнения (13) фактически для всего используемого диапазона для однорядных систем плоскопараллельных импактных струй, которые натекают на плоские поверхности [1—5], как для случая задач Коши, так и для случая краевых задач, что позволяет получать решение при распределениях продольных скоростей  $\bar{v}(\bar{x})$  при меньших допущениях и получать уточнённые решения, по сравнению с существующими.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В статье были сгенерированы численные решения нелинейного обыкновенного дифференциального уравнения для распределений продольных скоростей в однорядных системах плоскопараллельных импактных струй, которые натекают на

плоские поверхности для диапазонах детерминирующих характеристик, которые представляют практические интересы, более точные, чем дают соответствующие существующие определяющие уравнения.

2. Сгенерированные в статье решения позволяют точнее учитывать влияния на распределения продольных скоростей  $\bar{v}(x)$  характеристик  $\bar{f}$  и  $\zeta_k$  для всего диапазона детерминирующих характеристик в практически интересном диапазоне.

3. Разработанные в статье решения указывают, что влияния на распределения продольных скоростей  $\bar{v}(x)$  отношение ширин выходных сечений плоских сопел к шагам струи в системах  $\bar{f} = \frac{b}{s}$  может быть порядка пяти процентов.

4. Получено доказательство, что влияния коэффициентов сопротивлений на трение на распределения продольных скоростей  $\bar{v}(x)$  могут оказаться довольно существенными, в особенности при теплообменных поверхностях больших протяженностей.

5. Сгенерированные в статье решения необходимо использовать для целей повышения точности определения коэффициента теплоотдачи и коэффициента массоотдачи в однорядных системах плоскопараллельных импактных струй, которые натекают на плоские поверхности.

#### Литература:

1. Дыбан Е.П., Мазур А.И. Конвективный теплообмен при струйном обтекании тел. — Киев: Наукова думка, 1982. — 303 с.
2. Идельчик И.Е. Аэродинамика промышленных аппаратов. — М.: Энергия, 1964. — 288 с.
3. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. — М.: Стройиздат, 1963. — 295 с.
4. Martin H. Heat and mass transfer between impinging gas jets and solid surfaces. / Advances in heat transfer. — Volume 13. — New York; London: Acad. Press, 1977. — V. 13. — P. 1—60.
5. Martin H., Schünder E.U. Optimierung von Schlitzdüsentrocknern auf Grund neuer Versuchsergebnisse über den Wärme- und Stoffübergang in solchen Apparaten. // Chem. — Ing. — Techn., 1973. — V. 45. — № 5. — S. 290—294.

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

## ПРОБЛЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ

**Степанюк Иван Антонович**

доктор физико-математических наук, профессор  
Российский государственный гидрометеорологический университет  
профессор кафедры океанологии

**Ключевые слова:** морские зонды; измерительные преобразователи; динамические характеристики; постоянная времени; методы поверки

**Keywords:** marine probes; measuring transducers; dynamic characteristics; time constant; verification methods

**Аннотация:** Рассматриваются перспективы современных методов определения динамических характеристик океанологических измерительных преобразователей, преимущественно применяемых для зондирования в море. Оцениваются метрологические возможности подтверждения сверхмалых (десятки миллисекунд) значений постоянной времени датчиков.

**Abstract:** The prospects of modern methods for determining the dynamic characteristics of Oceanological measuring transducers, mainly used for sounding in the sea, are considered. The metrological capabilities of confirming ultra-small (tens of milliseconds) values of the time constant of sensors are evaluated.

**УДК 551.46**

**Введение.** В нашей работе [7] анализировалась проблема метрологического обеспечения океанологических CTD-зондов и, соответственно, их измерительных преобразователей (ИП). Аргументировались сомнения в истинности современных декларируемых характеристик по всем измерительным каналам: погрешностям измерений и динамическим свойствам.

Отмечено, что сообщаемые значения постоянных времени каналов температуры и электрической проводимости, составляющие десятки миллисекунд (~ 20-60 мс) вряд ли могут соответствовать действительности и маловероятно, что они подтверждены экспериментальными метрологическими поверками, тем более – с погрешностью определения постоянных времени до 1 мс (зонды OS 300 CTD, Ocean Sensors, США; OS 500 TSG, Ocean Sensors, США; SBE 911plus, Sea-Bird Electronics, США и др.)

В работе [7] нами также отмечено, что авторам неизвестны какие-либо экспериментальные методы, позволяющие осуществлять подобные определения значений постоянных времени.

Соответственно, целесообразно попытаться проанализировать имеющиеся и перспективные методы таких определений. Проблема экспериментального определения динамических свойств ИП представляет отнюдь не академический интерес, а является практически важной, поскольку именно от этих свойств зависит доверие к результатам натуральных исследований тонкой термохалинной структуры вод.

**Экспериментальные методы определения динамических свойств.** Существует два основных метода определения динамических свойств СИ: а) в **квазистатическом** режиме; б) в **динамическом** режиме.

**Квазистатический** режим основан на формировании скачкообразного сигнала измеряемой величины. Технологически это выглядит следующим образом.

Имеются два рядом расположенных бассейна 1 и 2 (рис. 1,а) с разными значениями измеряемых величин (температуры, электрической проводимости, скорости звука и др. в зависимости от задачи). Средство измерений (СИ) 3 с измерительными преобразователями (ИП) 4 и 5 устанавливается в бассейне 1 на подставке 6 и выдерживается такое время, которое существенно превышает ожидаемое значение **постоянной времени** преобразователей. Значение измеряемой величины регистрируется. Затем СИ переносится (автоматически либо вручную) в бассейн 2 и снова непрерывно, либо с дискретностью, существенно меньшей ожидаемой постоянной времени, производится регистрация изменчивости показаний в виде кривой 1 (рис.1,б). **Постоянная времени**  $t_e$  определяется как промежуток времени  $t_1-t_0$ , за который показания СИ достигнут значения:

$$T_{ИП} = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{\epsilon} \quad (1)$$

Здесь под значениями  $T$  подразумевается любая из величин, для измерений которой предназначен ИП.

На первый взгляд, это наиболее удобный вариант. Однако, это не совсем так.

Время **переноса** СИ из бассейна 1 в бассейн 2 не может быть близким к нулю. Оно всегда конечно. На рис.1,б оно обозначено как  $\Delta t$ . Технически несложно определить среднее значение этой величины, но оно всегда будет варьирующим (перенос делается обычно **вручную**), т.е.  $\Delta t_{ср} \pm 2\sigma$ . Тогда из систематической погрешности определения  $t_e$  можно выделить  $\Delta t_{ср}$  как поправку и учитывать ее при окончательной оценке результата.

К сожалению, перенос из бассейна 1 в бассейн 2 сопровождается попаданием в промежуточную среду – воздух. На преобразователях 4 и 5 остается пленка воды. Применительно к преобразователю температуры это означает потери тепла на испарение и, соответственно, понижение температуры преобразователя. На рис. 1,б это отражено в виде кривой 2 в пределах промежутка  $\Delta t$ . Дальнейшие изменения показаний происходят по кривой 3. Но точка 4, соответствующая значению  $T_{ИП}$ , получается смещенной еще больше вправо. В результате вместо истинного значения  $t_e = t_1 - t_0$  регистрируется значение  $t_2 - t_0$ . При этом промежуток  $t_2 - t_1$  превышает



Все сказанное выше относится не только к преобразователям температуры, но в той же мере – к преобразователям электрической проводимости, скорости звука и др. У кондуктивных преобразователей проводимости (гальванический контакт со средой, см. например [8]) остающаяся пленка создает пониженную проводимость, но по-прежнему соединяет электроды. В индуктивных ИП (см. там же) остается тонкий виток воды, охватывающий оба тороида. В ИП скорости звука роль такой пленки неизвестна, но между излучателем ультразвука и приемником (либо отражателем) возникает воздушная среда, где скорость звука примерно в три раза меньше, чем в воде.

Отдельно можно остановиться на преобразователях концентрации растворенного кислорода (полярнографических, либо гальванических – см. там же [8]). Их выходной сигнал связан с диффузией молекул кислорода через тонкую селективную мембрану. При попадании преобразователя в воздушную среду остающаяся на мембране пленка воды, к сожалению, насыщается кислородом из воздуха, что создает резкий скачок показаний.

Описанный вариант переноса зонда из бассейна 1 в бассейн 2 является простой модификацией метода определения метрологических свойств, рекомендованного, например, в инструкциях по эксплуатации **CTD**-зондов серии Mark III CTD фирмы «Нейл Браун Инструмент Систем» (Neil Brown Instr. [10]). В этих зондах условие  $t_e \gg \Delta t$  выполняется. Однако в более современных зондах с менее инерционными ИП, особенно предназначенных для выявления тонкой термохалинной структуры вертикального профиля, описанный квазистатический режим мало перспективен.

Аналогичный перенос применяется также по отношению к отдельным датчикам температуры [4]. Здесь рекомендовано включать регистратор в момент начала переноса и проводить непрерывную регистрацию сигнала, т. е. практически классический вариант. Тем самым, здесь также формируются описанные выше искажения.

В работе [5] предложен интересный способ определения постоянной времени, в котором используются два датчика температуры, для одного из которых значение постоянной времени известно. Регистрируются изменения разности показаний обоих датчиков, а неизвестную постоянную времени определяют по моменту наступления максимума этой разности. Для таких условий в работе предложены расчетные формулы.

Однако при этом для первого датчика уже должна быть определена постоянная времени. По-видимому, классическим способом. То есть в это **известное** значение уже заложены рассмотренные выше искажения. Дополнительно следует отметить, что результирующая погрешность будет определяться как корень квадратный из суммы квадратов двух погрешностей.

Таким образом, классический квазистатический метод переноса датчиков из одного бассейна в другой может быть использован только для приборов с большими значениями постоянной времени, т.е. когда  $t_e \gg \Delta t$ . По-видимому, такое условие выполнимо для ИП температуры, где чувствительный элемент (терморезистор, либо термочувствительный кварцевый резонатор, и т.д.) помещен в защитный корпус, а также (с ограничениями) для ИП концентрации растворенного кислорода. При этом

все равно полезно учитывать  $\Delta T_{\text{ср}}$ . ИП электрической проводимости, рН, скорости звука обычно менее инерционны, и квазистатический режим для них мало применим.

В какой-то мере здесь могут помочь изобретательские решения создания скачкообразного входного сигнала, при которых **воздух как промежуточная среда полностью исключается**. Это может быть достигнуто, например, в конструкции вертикального типа, содержащей две камеры 1 и 2 с характеристиками  $T_1$  и  $T_2$  и два затвора 3 и 4, открываемые синхронно (показано стрелками (рис.2)). Естественно, что в обеих камерах должно обеспечиваться исходное перемешивание воды, чтобы исключить формирование вертикальной стратификации. При синхронном открытии затворов 3 и 4 перемешанная масса воды со свойством  $T_2$  «сваливается» вниз, омывая преобразователи 5 и 6 в нижней камере. Промежуток времени, за который вода из верхней камеры достигает преобразователей, достаточно легко рассчитывается при известной массе воды в верхней камере. После того, как граница вод пройдет положение затвора 4, поток перекрывают, возвращая в исходное положение нижний затвор. В таком случае ИП 5 и 6 на длительное время окажутся в среде  $T_2$ .

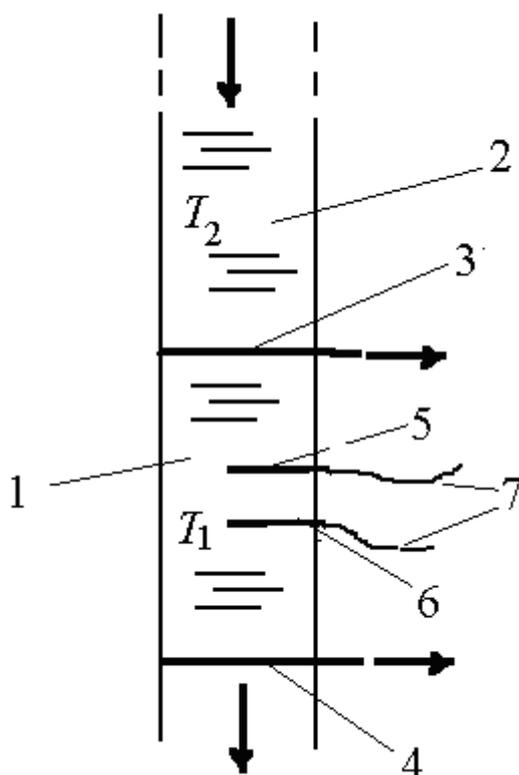


Рисунок 2 – Конструкция установки с вертикальным расположением камер.

Нормальная работоспособность конструкции обеспечивается при выполнении некоторых условий. Например, весьма целесообразно здесь обеспечивать ламинарность потока (число Рейнольдса не должно превышать критическое значение), малость размеров ИП по сравнению с поперечными размерами

конструкции, различия объемов камер (объем камеры 2 должен превышать объем камеры 1) и др. Из технических требований следует отметить условия малой теплопроводности материала затворов 3 и 4 и надежной герметизации.

Поскольку такая конструкция в известной литературе не рассматривалась, то здесь необходимо оценить условия ее применимости.

Первое отмеченное условие – ламинарность потока воды при ее «сваливании» из камеры 2. Его отсутствие приведет к перемешиванию воды в отсеках, соответственно, с потерей «скачкообразности» изменений величины  $T$ .

Условие ламинарности требует выполнения неравенства:

$$Re_{\text{крит}} > Re \quad (2)$$

где  $Re$  – число Рейнольдса, а с индексом «крит» – критическое число Рейнольдса.

Наиболее простой вариант конструкции – это труба постоянного сечения с гладкими стенками и затворами 3 и 4, выполненными, например, в виде сегментов, выдвигающихся в стороны от трубы. Полная герметизация затворов, естественно, необязательна, достаточно «притертости» поверхностей затворов и их держателей. Открытие затворов производится исполнительными электромагнитами (на чертеже не показаны).

Число Рейнольдса для гладких труб определяется по известной формуле:

$$Re = \frac{\rho_w V_w a}{\eta} \quad (3)$$

где  $a$  – радиус трубы;

$\rho_w$  – плотность воды;

$V_w$  – скорость потока;

$\eta$  – динамическая вязкость.

Оценим скорость свободного падения («сваливания») массы воды из бассейна 2 как

$$V_w = \mu \sqrt{2gh} \quad (4)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;

$h$  – расстояние между затворами 3 и 4.

$\mu$  – коэффициент, зависящий от «гладкости» трубы.

Тогда требуемый радиус трубы можно вычислить по выражению:

$$a = \frac{\eta Re}{\rho_w \mu \sqrt{2gh}} \quad (5)$$

задавая значение  $Re$  в соответствии с условием (2).

Расчеты показывают, что при выполнении условия (2) и реальных значениях остальных параметров ( $\eta = 10^{-3}$  Па·с,  $\rho_w = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>,  $h = 5 \div 10$  см,  $Re = 2000$ ) ламинарность обеспечивается лишь для очень тонких труб диаметром порядка  $1 \div 1,5$  см при характерной для условий зондирования в море скорости  $1 \div 1,4$  м/с. То есть определения можно производить только для **микродатчиков** температуры, которые отсутствуют в известных зондах.

Однако условие ламинарности в рассматриваемой конструкции не является остро необходимым. Здесь возможен также режим с интенсивным турбулентным потоком. Ведь характеристика  $T_2$  не обязательно должна иметь некоторое фиксированное значение. Например, для турбулентного режима это может быть некоторое  $T_3 = 0,5(T_2 + T_1)$ . Изменится лишь условие определения постоянной времени:

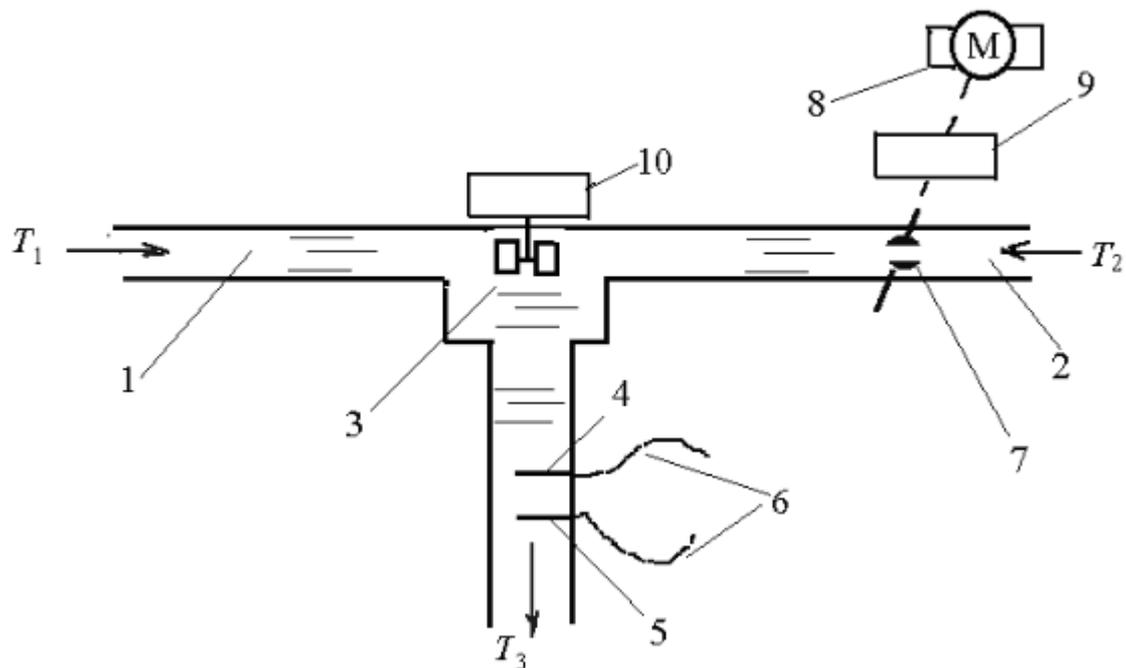
$$T_{III} = T_1 + \frac{0,5(T_2 - T_1)}{e} \quad (6)$$

Естественно, различия могут компенсироваться за счет увеличения исходной разности.

В таком варианте значение числа Рейнольдса должно **существенно** превышать  $Re_{крит}$ , чтобы не получить переходный режим «**сваливания**». Это обеспечивается конструктивными приемами с сохранением требуемой скорости.

Получается, что, в принципе, здесь можно поверять малоинерционные датчики, задавая длину отсека  $l$  (рис.2). Однако при этом вряд ли возможно подтвердить значения постоянных времени  $20 \div 60$  мс при разрешающей способности порядка 1 мс. Это связано с такой специфической особенностью смешиваемых жидкостей как **время гомогенизации** (см. подробнее в след. подразделе).

**Динамический режим** предполагает создание периодически изменяющегося входного сигнала. Это обеспечивается, например, в конструкции, показанной на рис. 3.



**Рисунок 3 – Схема установки для определения свойств ИП в динамическом режиме**

Схема напоминает конструкцию бытового душа. Имеются две трубы: труба 1, через которую поступает вода со свойством  $T_1$ , и труба 2 с водой со свойством  $T_2$ . Значения перепада свойств задаются в пределах типичного рабочего диапазона океанологических ИП, например, для температуры:  $+10 \div +20^\circ\text{C}$  и контролируются. Вода поступает в смеситель 3, а дальше смешанная вода поступает в трубу слива, где расположены ИП 4 и 5, подсоединенные линиями связи 6 к регистрирующим устройствам (на схеме не показаны).

Основным элементом, задающим переменное во времени свойство  $T_3$ , является непрерывно вращающийся кран 7, например – шарового типа, не перекрывающий полностью поток в трубе. Вращение создается двигателем 8, желательно – синхронного типа. В таких двигателях частота вращения вала зависит от частоты питающего напряжения и практически не зависит от нагрузки на вал. Двигатель снабжен редуктором 9 с дискретным переключением передаточного числа.

Свойство  $T_3$  может рассматриваться, как

$$T_3 = 0,5 \left[ T_1 + \left( T_{2i} + T_{2m} e^{i\omega t} \right) \right] \quad (7)$$

где  $T_{2i}$  – постоянная составляющая потока со свойством  $T_2$  (полное прерывание потока  $T_2$  недопустимо);

$T_{2m}$  – амплитудное значение вариаций свойства  $T_2$  (зависит от соотношения пропускных диаметров крана 7 и трубы 2);

$\Omega$  – частота вращения крана 7;

$t$  – время

Таким образом, в конструкции становится возможным задавать требуемый набор частот вариаций свойства и определять амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) ИП. Определение фазо-частотной характеристики здесь проблематично.

Для определений в морской воде (обычно – в ее имитации) конструкцию необходимо снабдить дополнительными отдельными отсеками с водой с задаваемыми свойствами – температурой, соленостью, рН и др. Отсеки подсоединяются к трубам 1 и 2.

Также целесообразно дополнительно снабдить конструкцию устройством 10 принудительного перемешивания воды в смесителе 3. Устройство содержит двигатель и вертушку, расположенную на его валу.

В такой конструкции регистрируется модуль передаточной функции датчика (АЧХ). Однако верхний предел частоты регистрируемой АЧХ ограничивает, естественно, не скорость вращения двигателя  $\delta$ , а характеристики смешиваемых сред. Для взаимно растворимых жидкостей в специальной литературе введен термин **времени гомогенизации** – времени достижения заданной степени однородности среды. Для каждой ситуации смешения оно оценивается по-разному (см. например [3] – п.1.2.1. Перемешивание взаимно растворимых жидкостей).

В работе [3] **время гомогенизации** рекомендуется определять по эмпирической формуле:

$$\tau_{\eta} = -0,8 \ln(1 - \eta) \frac{H^2 + D^2}{D_t} \quad (8)$$

где  $\eta$  – степень перемешивания;

$H$  – высота смесителя;

$D$  – диаметр смесителя;

$D_t$  – осредненный коэффициент турбулентного переноса.

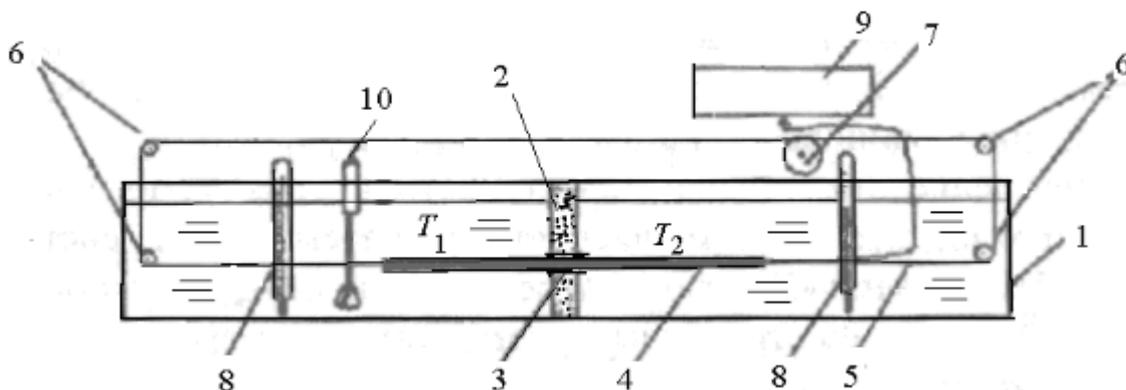
Коэффициент турбулентного переноса зависит от конструкции мешалки (вертушки, турбины и т.д.) и от мощности двигателя. Он, в свою очередь, также оценивается по эмпирической формуле. Здесь нет необходимости ее воспроизводить. В списке литературы, кроме [3], даны дополнительные ссылки на источники [1,6], где это подробно рассмотрено.

Задавая значения  $H=0,1$  м,  $D=0,1$  м при рекомендованной в [3] степени перемешивания  $\eta=0,87$ , для различных условий турбулентного переноса и при требуемой скорости слива можем получить значения в пределах не лучше 1-10 с.

Таким образом, определение постоянных времени ИП в области значений 20-60 мс с разрешающей способностью до 1 мс здесь обеспечено быть не может.

**Принцип перемещений ИП относительно среды.** Представляются перспективными системы, где задаются два неизменных значения характеристики, например, в двух отсеках горизонтально расположенного бассейна, изолированных друг от друга, а ИП перемещается из одного отсека в другой через некоторое пропускное отверстие либо скачком, либо с задаваемой частотой. Подобная конструкция использовалась нами для определения динамических свойств термоинтегральных преобразователей характеристик морских внутренних волн [9]. Схема такой установки показана на рис. 4.

Бассейн 1 снабжен двумя отсеками, заполненными водой со свойствами  $T_1$  и  $T_2$ . Отсеки разделены пористой перегородкой 2, снабженной трубчатым пропускным отверстием 3 с фиксированными стенками. ИП (в реализованном варианте – термоинтегральный преобразователь 4) закреплен на тросе 5, натянутом на шкивы 6. Трос приводится в движение двигателем 7 (реверсивным либо шаговым в зависимости от задач). В отсеках установлены контрольные приборы 8 (в данном случае – термометры). ИП 4 подключен к устройству 9, обеспечивающим непрерывную регистрацию данных. Для перемешивания воды в отсеках могут быть установлены вертушки с электроприводом 10.

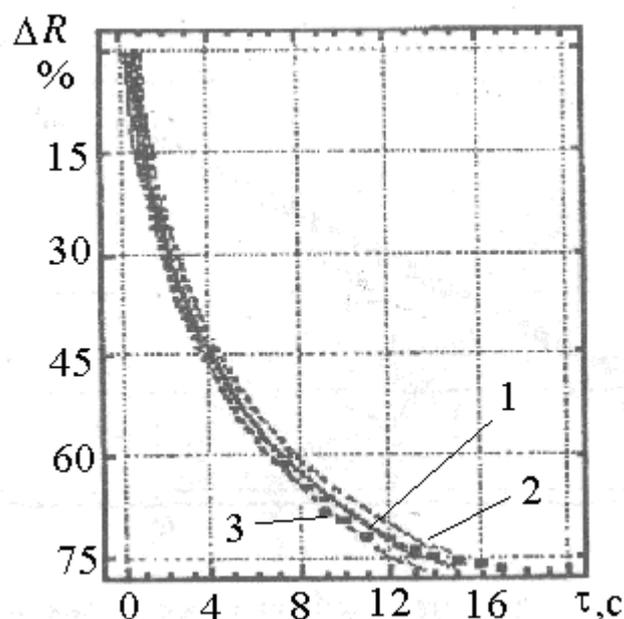


**Рисунок 4 – Конструкция установки с перемещаемым измерительным преобразователем (схема приведена с некоторыми упрощениями по сравнению с [9]).**

Преимуществом конструкции является возможность использования как в квазистатическом режиме (скачок на заданное расстояние), так и в динамическом режиме (влево-вправо с задаваемой амплитудой перемещений). Естественно, что в динамическом режиме не может быть сформирован сигнал в виде синусоиды, а только – **импульсно-периодический**. Из-за этого для определения АЧХ здесь требуется специальная обработка результатов. Одновременно появляется возможность выявления **нелинейных** динамических свойств ИП – различий постоянных времени на рост и падение входного сигнала.

Диффузия свойств  $T_1$  и  $T_2$  через пористую перегородку 2 предельно затруднена, а пропускное отверстие 3 согласовано с диаметром перемещаемого ИП, что также практически исключает **быстрое** смешение задаваемых свойств. Несомненно, что в пределах толщины перегородки 2 устанавливается некоторое квазилинейное изменение свойства от  $T_1$  к  $T_2$ , однако это учитывается при обработке данных.

Для примера на рис. 5 показана кривая изменений показаний термоинтегрального ИП при скачкообразном сигнале. Результаты получены по 40 определениям.



**Рисунок 5 – Изменения показаний термоинтегрального ИП**

**при скачкообразном сигнале. Обозначения: 1 – результирующая кривая;**

**2 – верхняя граница доверительного интервала; 3 – его нижняя граница.**

**Границы оценивались при доверительной вероятности  $P=0,95$ .**

Результаты демонстрируют хорошее качество измерительной установки. Постоянная времени ИП, определяемая по уровню 0,707, составила 12 с с погрешностью не более  $\pm 1$  с при  $P=0,95$ .

Конструкция, показанная на рис. 4, может с успехом применяться также для локальных ИП. Наиболее простые варианты – исследования ИП с цилиндрическими корпусами. Например, ИП температуры в защитном корпусе, кондуктивные ИП электрической проводимости в виде диэлектрического цилиндра с кольцевыми (3-4 шт.) электродами и др.

В таких вариантах отсутствует необходимость какого-либо специального перекрытия пропускного отверстия 3. При малых диаметрах корпусов ИП в этом отверстии устанавливается такое же квазилинейное распределение свойства  $T$ , как и в пористой перегородке 2. Однако при этом необходимо выполнение условия совпадения поверхностей уровня в отсеках для исключения градиента давления между входом и выходом отверстия 3. Тогда в соответствии с формулой Пуазейля

равен нулю объем воды, протекающий по этому отверстию, и смешение свойств происходит здесь только за счет молекулярного обмена.

Этот же принцип определения динамических свойств перемещениями ИП относительно воды использовался нами для иных ИП, не применяемых в **CTD**-зондах – ИП скорости течения, ИП характеристик волнения (особенно – для области гравитационно-капиллярных волн) и др.

**Формирование переменных входных сигналов пропусканием электрического тока.** Этот принцип, на первый взгляд, кажется весьма перспективным. Действительно, здесь изменение свойств, например – температуры, происходит непосредственно в объеме морской воды, движущейся с заданной скоростью (~ 1 м/с). Изменения температуры одновременно означают изменения электрической проводимости, так что основные датчики **CTD**-зондов могут быть аттестованы.

Для требуемых условий закон Джоуля-Ленца должен использоваться в общей форме:

$$P = \sigma E^2 \quad (9)$$

где  $P$  – мощность выделения тепла в единице объема;

$\sigma$  – электрическая проводимость среды;

$E$  – напряженность электрического поля.

Поскольку используется морская вода, то нагрев может производиться только переменным током, в противном случае **поляризация электродов**, через которые он поступает, практически ликвидирует стабильность условий выделения тепла. Тогда переменный характер нагрева должен обеспечиваться, например, амплитудной модуляцией переменного тока. В ИП электрической проводимости тоже используется переменный ток (см. например [8]). Однако их разделение – это легко решаемая задача.

При переменном выделении тепловой мощности в выражении (8) должна задаваться проводимость  $\sigma$ , зависящая от  $P$ . Конечно, это тоже может быть учтено при обработке. Также в привычную форму закона Джоуля-Ленца, как известно, входит время прохождения тока, тогда при определениях АЧХ, и соответственно – при переменной амплитудной модуляции, количество выделяемого тепла оказывается обратно пропорциональным частоте модуляции. Это тоже может быть учтено.

Значительно хуже наличие в выражении (8) квадрата напряженности электрического поля. Поскольку напряженность определяется через градиенты потенциалов (скалярного и векторного – см. например [2]), то формирование **однородных зон нагрева** в потоке воды становится практически нереальным. Никакими конструктивными решениями расположения электродов в потоке задача **однородности нагрева** не решается. Здесь нет необходимости рассматривать все это подробно – электрические поля в конструкциях различных геометрических форм рассматриваются в работе [2].

Получается, что при нагреве электрическим током также требуется **механическое перемешивание** свойств. А в таком случае снова появляются ограничения в определении АЧХ, обусловленные **временем гомогенизации** [1,3,6].

### **Обсуждение и выводы.**

- Выполненный обзор, включающий известные и, возможно, перспективные технические решения конструкций для определений динамических характеристик океанологических измерительных преобразователей, показывает, что проблема их метрологического определения, особенно – в области малых значений **постоянных времени**, весьма далека от окончательного решения.
- Физические принципы создания вариаций входного сигнала с требуемыми повышенными частотами (температуры, электрической проводимости, рН и др.) в настоящее время пока не просматриваются. Какая-либо замена таких условий на некоторые искусственные (например, **импульсный нагрев термодатчика**) не может считаться адекватной.
- Декларируемые в технических описаниях ряда **СТД**-зондов данные о весьма малых значениях **постоянных времени** датчиков (20-60 мс) в настоящее время вряд ли могут быть подтверждены.

### **Литература:**

1. Брагинский, Л.Н. Перемешивание в жидких средах / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачёв, В.М. Барабаш. – Л. : Химия, 1984. – 336 с.
2. Говорков В.А. Электрические и магнитные поля.– М.: Энергия, 1968.– 488 с.
3. Карпушин С.А., Краснянский М.Н., Борисенко А.Б. Расчет и выбор механических перемешивающих устройств вертикальных емкостных аппаратов. Учебное пособие.– Тамбов: Изд. Тамб. техн. университета, 2009.– 168 с.
4. Лавров С.А., Нечесин Е.Г., Никитин А.В., Рабинович М.В. Исследование первичных преобразователей температуры в динамическом режиме. Экспериментальные методы исследования океана. Сб. науч. тр. МГИ АН УССР. Севастополь, 1978, С. 85-90
5. Патент РФ № 2682073, МПК G01K 15/00. Способ определения показателя тепловой инерции датчиков температуры // Авторы: Гайский В.А., Гайский П.В./ Приоритет от 04.06.2018.– Бюлл. № 8.– 14.03.2019.– 7 с.
6. Руководящий нормативный документ РД 26-01-90–85: Механические перемешивающие устройства, метод расчёта. – Введ. с 01.01.1986. – Л. : РТП ЛенНИИхиммаша, 1985. – 257 с.
7. Степанюк И.А., Степанюк А.И., Атаджанова О.А. Проблема метрологического обеспечения океанологических СТД-зондов //Электронный периодический рецензируемый журнал «SCI-ARTICLE.RU». — 2017. – № 49 (сентябрь). — С.117-129
8. Степанюк И.А. Океанологические измерительные преобразователи.– Л.: Гидрометеиздат, 1986.– 272 с.
9. Степанюк И.А. Методы измерений характеристик морских внутренних волн.– СПб.: Изд. РГГМУ, 2002.– 138 с.
10. Mark III Digital Conductivity, Temperature and Pressure Measuring System.-Neil Brown Instrument System, Inc.-6 p.

# ТЕХНИКА, ЭКОНОМИКА

## НАПРАВЛЕНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Матус Екатерина Витальевна*

Белорусский национальный технический университет  
Студент

*Самосюк Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент  
кафедры «Экономика и организация энергетики», Белорусский национальный  
технический университет, Республика Беларусь, г. Минск*

**Ключевые слова:** система теплоснабжения; теплоэлектроцентраль; электрочотел; тепловая сеть; ПИ-трубопроводы; потери

**Keywords:** heat supply system; heat and power plant; electric boiler; heating system; PI-pipelines; losses

**Аннотация:** В работе представлены основные мероприятия по оптимизации системы теплоснабжения Республики Беларусь. В настоящее время модернизация тепловых сетей осуществляется на базе интеграции с Белорусской атомной электростанцией. В этих условиях рассматриваются направления совершенствования технологий теплоснабжения, установка нового современного оборудования и модернизация действующего. Приводятся примеры направления оптимизации энергетического оборудования в республике, а также перспективные мероприятия по повышению надежности и качества систем теплоснабжения.

**Abstract:** The work presents the main measures to optimize the heat supply system of the Republic of Belarus. At present, the modernization of heating networks is carried out on the basis of integration with the Belarusian nuclear power station. Under these conditions, the directions of improving heat supply technologies, installation of new modern equipment and modernization of existing ones are considered. Examples of the direction of optimization of power equipment in the republic, as well as promising measures to improve the reliability and quality of heat supply systems are given.

**УДК 697.343**

**Введение.** Развитие надежного и качественного процесса обеспечения тепловой энергии обуславливается выбором системы теплоснабжения, энергогенерирующих источников, местности для строительства объектов, а также трубопроводов для передачи энергии потребителям. Важную роль также играет установленное оборудование, проведение энергоаудита и своевременной технологической модернизации тепловых сетей. Для Республики Беларусь характерна централизованная система теплоснабжения, состоящая в большинстве своем из тепловых электроцентралей (ТЭЦ) с установленным по принятым стандартам

оборудованием и налаженной системой теплоснабжения. На этом этапе развития в республике взят курс на оптимизацию эксплуатации оборудования тепловых сетей. Это обусловлено тем, что физически устаревшее оборудование увеличивает расход топлива на производство продукции, вызывает рост потерь тепловой энергии в теплосетях [1].

**Целью** исследования является анализ существующей системы теплоснабжения Республики Беларусь, а также разработка мероприятий по оптимизации эксплуатации оборудования. Достижение поставленной цели обусловило необходимость решения следующих задач:

- проанализировать состояние существующей системы теплоснабжения Республики Беларусь;
- выделить особенности проведения мероприятий по оптимизации энергетического оборудования в республике;
- предложить направления по улучшению системы теплоснабжения республики.

**Научная новизна** работы заключается в предложении перспективных направлений по оптимизации оборудования систем теплоснабжения Республики Беларусь с учетом ввода эксплуатацию Белорусской атомной электростанции.

**Актуальность.** Проблема энергетической и экологической эффективности теплоснабжения потребителей является актуальной для Республики Беларусь. В республике на сегодняшний день основной путь развития системы теплоснабжения нацелен на включение атомной электростанции в энергетическую систему. Именно поэтому переход на современное электрооборудование и обновление систем теплоснабжения являются приоритетными направлениями страны [2].

С вводом в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции (БелАЭС) происходит модернизация энергетического оборудования. Это проявляется в установке на предприятиях нового электрооборудования с целью использования электрической энергии для регулирования мощности энергосистемы после ввода БелАЭС. Так, в 2016 году приняты в эксплуатацию электрокотлы на Гомельской ТЭЦ-2 суммарной мощностью 80 МВт, а в 2019 г. был реализован проект по установке электрокотла мощностью 10 МВт в новой котельной в Костюковичах Могилевской области [3]. В период с мая 2019 по март 2020 на Гродненской ТЭЦ-2 были установлены два электрических котла мощностью по 30 МВт каждый со вспомогательным оборудованием. **Для реализации проекта по режимной интеграции Белорусской АЭС в баланс энергосистемы на Северной мини-ТЭЦ города Гродно реализуются следующие мероприятия, которые будут способствовать надежному теплоснабжению потребителей и экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР):**

- **замена парового котла ГМ-50 на современный с широким диапазоном регулирования паропроизводительности;**
- **установка водогрейного электрокотла мощностью 30 МВт с баком-аккумулятором** для обеспечения баланса электрических мощностей в ночные часы отопительного периода [4].

В 2020 году приняты в эксплуатацию электродкотлы на районной котельной «Черниговская» в Гомеле, на Гродненской ТЭЦ-2 и на мини-ТЭЦ «Северная» в Гродно суммарной мощностью 108 МВт.

Ввод Белорусской АЭС позволит отказаться от использования самых неэффективных ТЭЦ. К 2025 году планируется вывести из эксплуатации около 1 ГВт устаревших мощностей. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь предусматривается перевод ТЭЦ на теплофикационный режим работы, который предусматривает отпуск преимущественно тепловой энергии потребителям. По планам к 2035 году на ТЭЦ будет производиться 23,2 млрд. кВт·ч электроэнергии вместо 31,85 млрд. кВт·ч в 2020 году. Также необходимо ограничить строительство новых и увеличение мощностей уже существующих котельных. Это даст возможность снизить потребление ТЭР, повысит эффективность использования энергии, а также благоприятно скажется на экологической обстановке в стране [5].

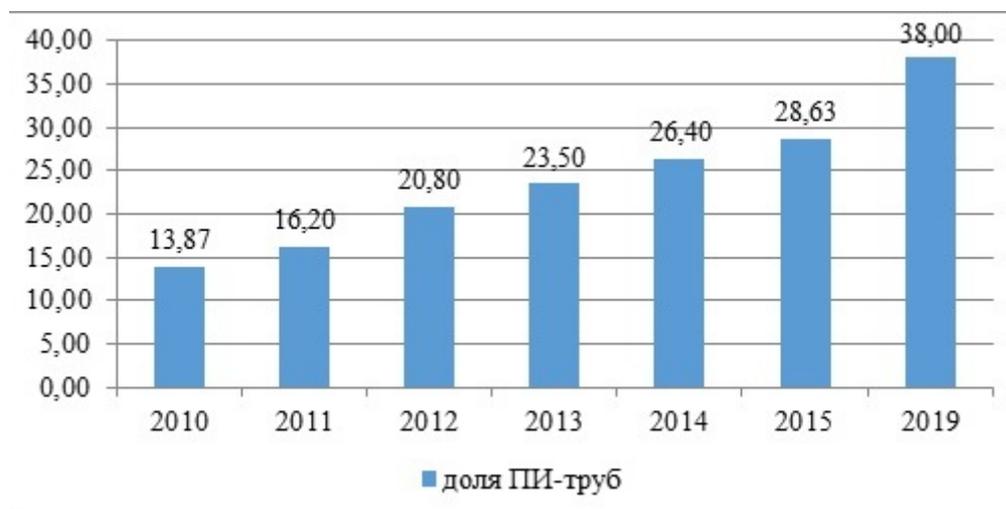
Для обеспечения баланса производства и потребления тепловой энергии приоритетным направлением развития является перевод действующих котельных на использование местных видов топлива, внедрение устройств электронагрева, а также установок по использованию вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Например, в сельской местности необходимо использовать возможность работы котельных установок на местных видах топлива. При экономической целесообразности и технической обоснованности в качестве резервного вида топлива следует использовать электрическую энергию или природный газ.

Эффективным мероприятием также является перевод систем отопления с пара на горячую воду. В ряде населенных пунктов и на некоторых промышленных предприятиях отпуск тепла потребителю на нужды отопления производится посредством паровых систем. Между тем, при переходе на водяные системы отопления, на таких энергоисточниках, как ТЭЦ снижается потенциал пара, отбираемого от турбины для нагрева сетевой воды, что дает увеличение теплофикационной выработки электроэнергии и экономию топлива. Внедрение средств обнаружения утечек теплоносителя является еще одним методом эффективным методом по оптимизации оборудования теплосетей. Данное мероприятие способствует своевременному устранению утечек и сокращению потерь тепла.

При выборе основного оборудования тепловых электрических станций следует отдавать предпочтение оборудованию, позволяющему обеспечить максимальную выработку электроэнергии по теплофикационному циклу с учетом неравномерности нагрузки в отопительный и межотопительный периоды, рабочие и выходные дни. Для оптимизации оборудования тепловых сетей применяется ликвидация длинных тепловых трасс. В районах, удаленных от зоны централизованного теплоснабжения, целесообразно использовать децентрализованные (локальные) системы. К таким относятся: крышные котельные, поквартирное отопление с преимущественным применением электронагрева и местных ТЭР.

Важным направлением по оптимизации эксплуатации оборудования является реконструкция и модернизация сетей теплоснабжения с применением материалов с повышенными коэффициентами термосопротивления или новых технологий, включая применение предизолированных (ПИ) труб. На рисунке 1 представим долю

ПИ-трубопроводов от общей протяженности тепловых сетей в Республики Беларусь за период 2010-2019 гг. [6].



**Рисунок 1 – Доля ПИ-трубопроводов от общей протяженности тепловых сетей в Республики Беларусь за период 2010-2019 гг., %**

Анализируя данные рисунка 1 можно отметить, что в 2019 году по сравнению с 2010 годом доля ПИ-трубопроводов увеличилась более, чем на 24%. Этот факт показывает, что активное использование ПИ-труб в тепловых сетях способствует снижению потерь при транспортировке энергии и росту эффективности использования тепловой энергии.

**Выводы.** В проведенном исследовании была рассмотрена существующая система теплоснабжения в Беларуси. Для интеграции БелАЭС в энергетический баланс республики необходимо провести оптимизацию оборудования на предприятиях генерирующих энергию. Дальнейшему улучшению системы теплоснабжения поспособствует завершение установки электродкотлов на предприятиях, а также переход к децентрализованным систем снабжения тепловой энергией удаленных потребителей. Это позволит вывести из эксплуатации часть устаревших мощностей, тем самым снизить потребление ТЭР. Повышению надежности и уменьшению потерь при транспортировке энергии будет способствовать снижение повреждаемости тепловых сетей путем увеличения применения ПИ-трубопроводов и ликвидация длинных теплотрасс.

#### Литература:

1. Соколов Е. А. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – М.: Энергия, 2001, с. – 472.
2. Седнин В. А., Анализ состояния и основные тенденции развития систем централизованного теплоснабжения в Беларуси / В. А. Седнин, А. В. Седнин. – Минск: ПТК «Техэнергосервис», 2016, с. – 40.
3. Как БелАЭС готовится к интеграции в энергосистему — Режим

доступа: <https://minenergo.gov.by/kak-belajes-gotovitsja-k-integracii-v-jenergosistemu/> —

Дата доступа: 11.07.2020

4. РУП «Гродноэнерго». Гродненские тепловые сети. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.energo.grodno.by> — Дата доступа: 13.07.2020

5. Концепция развития теплоснабжения в Республике Беларусь на период до 2020 года — Режим доступа:

[http://energoeffekt.gov.by/downloads/laws/resolution/2018\\_resolution/20100218\\_teplo\\_psm225.docx](http://energoeffekt.gov.by/downloads/laws/resolution/2018_resolution/20100218_teplo_psm225.docx) — Дата доступа: 17.07.2020

6. Пантелей Н. В. Оценка состояния и анализ повреждаемости трубопроводов тепловых сетей / Н. В. Пантелей. — Минск: Белорусский национальный технический университет, 2018.