

**Электронный периодический
рецензируемый
научный журнал**

«SCI-ARTICLE.RU»

<http://sci-article.ru>

№99 (ноябрь) 2021

СОДЕРЖАНИЕ

РЕДКОЛЛЕГИЯ	3
ГОЛУБЕВ ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ. РАСЧЕТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА ЗАРЯДОВ ТРЕХ ВЗРЫВЧАТЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ТКХ-50 С ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СВЯЗУЮЩИМИ НА ПРЕГРАДЫ ИЗ МЕДИ	10
АБДУЛАЕВ САЛАХ СУЛТАНОВИЧ. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	26
ГОЛУБЕВ ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ. РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ РАЗРУШЕНИЯ ТЕТРАЗОЛЬНЫХ ЛИГАНДОВ В МОЛЕКУЛАХ ПЕРХЛОРАТОВ АММИНОТЕТРАЗОЛАТОВ КОБАЛЬТА (III)	36
ХАРТ АЛЕКС. АБСОЛЮТНАЯ И ФАКТИЧЕСКАЯ ЗАПОЛНЕННОСТЬ РАЗРЯДОВ ЧИСЕЛ	54
ГОЛУБЕВ ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ. РАСЧЕТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДЕТОНАЦИИ СМЕСЕЙ ГИДРАЗИНОВОЙ СОЛИ 5-АМИНОТЕТРАЗОЛА С ТЭНОМ	77
ПЯТИГОРСКАЯ ПОЛИНА НИКОЛАЕВНА. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОВЕРИЯ КЛИЕНТОВ КОМПАНИИ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ INSTAGRAM	94

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», завотделом интеллектуальной собственности и инновационной деятельности.

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

Гафурова Дилфуза Анваровна. Доктор химических наук, доцент, заведующая кафедрой, Национальный Университет Узбекистана.

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.

Евстропов 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.

Лаурентьев Владимир Владимирович. Доктор технических наук, доцент, академик РАЕ, МААНОИ, 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.

Марков Андрей Кириллович. Доктор экономических наук, ВНИИ фитопатологии, руководитель направления.

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

Мирзаев Номаз Мирзаевич. Доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий (НИЦ ИКТ) при Ташкентском университете информационных технологий им. Мухаммада Аль-Хоразмий.

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 (EAS), 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".

Эшкурбонов 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 МГГУ (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.

Середа 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, ХИМИЯ

РАСЧЕТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА ЗАРЯДОВ ТРЕХ ВЗРЫВЧАТЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ТКХ-50 С ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СВЯЗУЮЩИМИ НА ПРЕГРАДЫ ИЗ МЕДИ

Голубев Владимир Константинович

Кандидат физико-математических наук, доцент
Нижний Новгород; Университет Людвига-Максимилиана, Мюнхен
Независимый эксперт; приглашенный ученый

Ключевые слова: энергетический материал ТКХ-50; взрывчатый состав; энергетическое связующее; GAP; АММО; ВАМО; преграда из меди

Keywords: energetic material TKX-50; explosive formulation; energetic binder; GAP; AMMO; BAMO; copper barrier

Аннотация: Проведено расчетное изучение воздействия взрыва зарядов трех взрывчатых составов на основе энергетического материала ТКХ-50 на преграды из меди. В качестве энергетических связующих использовались глицидилазидный полимерный материал GAP, полимерное связующее на основе 3-азидометил-3-метилоксетана (АММО) и полимерное связующее на основе 3,3-бис(азидометил)оксетана (ВАМО). Массовое содержание связующих составляло 5 %. Заряды взрывчатых составов имели толщину 50 мм и состояли из компактных либо пористых, с пористостью 2 %, материалов. Преграды из меди представляли собой тонкие пластины толщиной 1 мм либо толстые слои толщиной 50 мм. Рассматривалось прохождение детонационных волн в зарядах, их выход на преграды и эффекты реализующегося взрывного воздействия. В случае тонких пластин это процесс их разгона, а в случае толстых слоев – процесс затухания в них ударных волн. Численный расчет проводился с использованием программы Ansys Autodyn. Полученные результаты имеют сопоставительный характер

Abstract: A computational study of the effect of the explosion of charges of three explosive formulations based on the energetic material TKX-50 on copper barriers has been carried out. Glycidyl azide polymer material GAP, polymer binder based on 3-azidomethyl-3-methyloxetane (AMMO) and polymer binder based on 3,3-bis(azidomethyl)oxetane (BAMO) were used as energetic binders. The mass content of binders was 5 %. The explosive charges were 50 mm thick and consisted of compact or porous materials with a porosity of 2%. Copper barriers were thin plates 1 mm thick or thick layers 50 mm thick. The passage of detonation waves in charges, their exit to barriers and the effects of an explosive impact were considered. In the case of thin plates, this is the process of their acceleration, and in the case of thick layers, this is the process of attenuation of shock waves in them. The numerical calculation was carried out using the Ansys Autodyn program. The results obtained are of a comparative nature.

УДК 544.454: 662.215.2**Введение**

Энергетический материал ТКХ-50 (дигидроксиламмоний 5,5'-бистетразол-1,1'-диолат), полученный и первоначально исследованный в работе [1], вызвал широкий интерес специалистов в области взрывчатых веществ и послужил причиной очень большого числа последующих исследовательских работ по изучению его разнообразных физико-химических свойств [2]. Однако его основные свойства, как взрывные так и технологические, необходимые для создания реальных взрывчатых составов на его основе, не вызвали столь же широкого интереса и остались практически очень мало изученными. Таким образом, достаточно достоверной экспериментальной информации для создания конкретных взрывчатых составов в настоящее время чрезвычайно мало и практически недостаточно для продвижения практической работы в данном направлении. В связи с этим была запущена серия работ по расчетному прогнозированию детонационных характеристик некоторых возможных композиционных взрывчатых составов с различными связующими, как инертными, так и энергетическими [3-9].

В расчетах детонационных характеристик прежде всего используется программа для термохимических и термодинамических расчетов Explot [10]. Выбранные для расчетов параметры программы Explot приведены в первой работе указанной серии [3] и в последующем используются во всех остальных работах. Полученные результаты являются, по мнению автора, вполне приемлемыми и обнадеживающими, что обусловлено, прежде всего, выбором для расчетов достаточно реалистичного значения энтальпии образования энергетического материала ТКХ-50, полученного и перепроверенного в работах [11, 12], а также дополнительной перепроверкой известных данных по свойствам всех рассмотренных связующих.

Следующим шагом в указанном направлении является расчетное прогнозирование воздействия взрыва рассматриваемых энергетических материалов на различные преграды. Первоначально в качестве такой модельной металлической преграды выбрана преграда из меди. В работе [13] рассмотрено воздействие на такую преграду взрыва зарядов энергетического материала ТКХ-50 и двух взрывчатых составов на его основе с такими инертными связующими, как парафин и НТРВ (полибутадиен с концевыми гидроксильными группами).

В данной работе в такой же, как и в работе [13], постановке предполагается рассмотреть воздействие на медную преграду взрыва зарядов трех взрывчатых составов на основе энергетического материала ТКХ-50 с такими энергетическими связующими, как глицидилазидный полимерный материал GAP, полимерное связующее на основе 3-азидометил-3-метилоксетана (АММО) и полимерное связующее на основе 3,3-бис(азидометил)оксетана (ВАМО).

Результаты расчетов

В расчетах рассматривались заряды из трех взрывчатых составов типа ТКХ-50+AP, ТКХ-50+АММО и ТКХ-50+ВАМО с массовым содержанием энергетического связующего 5 %. Для определения предельных теоретических возможностей рассматриваемых взрывчатых составов заряды принимались компактными, а для

определения предельных практических возможностей задавалась их минимально возможная предельная пористость 2 %. Такая предельная пористость была получена при изучении компактирования образцов композиционных взрывчатых составов содержащих 95 мас.% ТКХ-50 в работе [14].

Свойства веществ, необходимые для выполнения термохимических расчетов, приведены в табл. 1. Для ТКХ-50 они взяты из работ [1, 11], для GAP в основном из работ [15, 16], для АММО и ВАМО в основном из работ [17-19]. Эти свойства приведены в табл. 1, а структурные формулы используемых энергетических связующих показаны на рис. 1. В табл. 1 ρ_0 – плотность вещества и H_f – стандартная энтальпия образования.

Табл. 1. Свойства веществ, необходимые для термохимических расчетов

Property	TKX-50	GAP	AMMO	ВАМО
formula	$C_2H_8N_{10}O_4$	$C_3H_5N_3O$	$C_5H_9N_3O$	$C_5H_8N_6O$
$\rho_0, g/cm^3$	1.877	1.29	1.06	1.30
$H_f, kJ/mol$	194.1	142.3	179	413

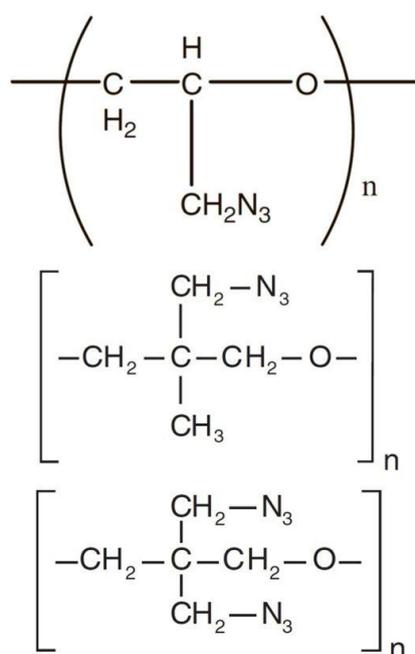


Рис. 1. Структурные формулы энергетических связующих GAP, АММО и ВАМО (сверху вниз)

На основании выполненных с использованием программы Expro5 [10] термохимических и термодинамических расчетов были определены детонационные характеристики рассматриваемых взрывчатых веществ. Были также получены важные термодинамические соотношения – уравнения состояния продуктов детонации (ПД) в форме Джонса-Уилкинса-Ли (JWL). Это уравнение состояния является одним из основных для выполнения расчетов разнообразных взрывных

процессов и широко используется в практике газодинамических расчетов [20]. Изэнтропа расширения ПД для этого уравнения состояния имеет вид

$$P = A \exp(-R_1 V) + B \exp(-R_2 V) + CV^{-(1+\omega)}.$$

Здесь V – удельный объем ПД, а P – давление в ПД. Используемые в приведенной формуле изэнтропы расширения коэффициенты были определены в результате выполненных расчетов и приведены в табл. 2. В нижней части таблицы указаны также рассчитанные детонационные характеристики рассматриваемых взрывчатых составов. Это скорость детонационной волны D , теплота детонации Q и давление в детонационной волне P .

Табл. 2. Коэффициенты уравнения состояния продуктов детонации Джонса-Уилкинса-Ли (JWL) для взрывчатых составов на основе энергетического материала ТКХ-50 с энергетическими связующими

Coefficients EOS JWL	5% GAP		5% AMMO		5% BAMO	
	100%	98%	100%	98%	100%	98%
$\rho_0, \text{g/cm}^3$	1.835	1.798	1.807	1.771	1.836	1.799
A, GPa	3186	2794	3046	2669	3207	2808
B, GPa	82.80	78.47	80.36	76.20	83.02	78.54
C, GPa	1.426	1.419	1.419	1.411	1.428	1.421
R_1	6.758	6.680	6.769	6.690	6.760	6.679
R_2	2.113	2.107	2.115	2.110	2.113	2.107
ω	0.541	0.533	0.533	0.526	0.541	0.534
$D, \text{m/s}$	9236	9066	9121	8954	9249	9079
$Q, \text{kJ/kg}$	-4655	-4648	-4636	-4628	-4663	-4655
P, GPa	35.01	33.17	33.54	32.02	35.12	33.28

Одномерные расчеты воздействия взрыва зарядов указанных взрывчатых составов на преграды из меди проводились с использованием программы Ansys Autodyn [21]. Все заряды взрывчатых веществ имели толщину 50 мм и состояли либо из компактного, либо из пористого (2 %) материала. Находящиеся в контакте с зарядами медные преграды представляли собой либо тонкую пластину толщиной 1 мм, либо толстый слой толщиной 50 мм. Для размера счетной ячейки и в заряде, и в преграде выбиралось значение 0.2 мм. Таким образом, и в заряде и в медном слое содержалось по 250 счетных ячеек, а в медной пластине содержалось всего 5 ячеек. Проверочные расчеты с большим числом ячеек показали, что для первоначального рассмотрения указанных процессов взрывного воздействия принятое разбиение счетной сетки является вполне достаточным. Датчики съема расчетной информации устанавливались в заряде взрывчатого вещества толщиной 50 мм на координатах 10, 20, 30 и 40 мм, а в медном слое толщиной 50 мм на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм. В медной пластине толщиной 1 мм датчик устанавливался на половине ее толщины. Детонация возбуждалась в начальный нулевой момент на свободной поверхности заряда.

Коэффициенты уравнения состояния продуктов детонации в форме Джонса-Уилкинса-Ли (JWL EOS) для всех используемых взрывчатых составов приведены в табл. 2. Для меди использовалось уравнение состояния из базы данных программы Ansys Autodyn, обозначаемое как CU-OFHC Shock SG EOS. Это уравнение состояния для чистой меди марки OFHC, построенное на основе ее ударной адиабаты и

учитывающее упруго-пластическое поведение на основе определяющих соотношений Стейнберга и Гуинана (Steinberg-Guinan constitutive model) [22]. Условия разрушения материала в уравнение состояния не вводились.

Сначала рассмотрим результаты по воздействию взрыва на медную пластину. Расчетный временной интервал здесь устанавливался равным 0.06 мс или, что то же самое, 60 мкс. За это время основная часть энергии, запасенной в заряде взрывчатого вещества, передается отлетающей пластине.

Набор скорости медными пластинами при их нагружении взрывом зарядов компактного и пористого (2 %) взрывчатого состава ТКХ-50+5% GAP показан на рис. 2. Отчетливо видно влияние пористости взрывчатого вещества на скорость разгоняемых пластин. Если максимальная скорость пластины при использовании компактного взрывчатого состава составила 4762.8 м/с, то для пористого это уже 4720.9 м/с. Видно также, что основной набор скорости медными пластинами происходит до времени регистрации около 10 мкс. Если учесть, что детонационная волна приходит к пластине на момент времени 5.37 мкс в случае компактного состава и на момент времени 5.47 мкс в случае пористого состава, то за оценку времени основного набора скорости можно принять ориентировочное значение 4.5 или даже 5 мкс.

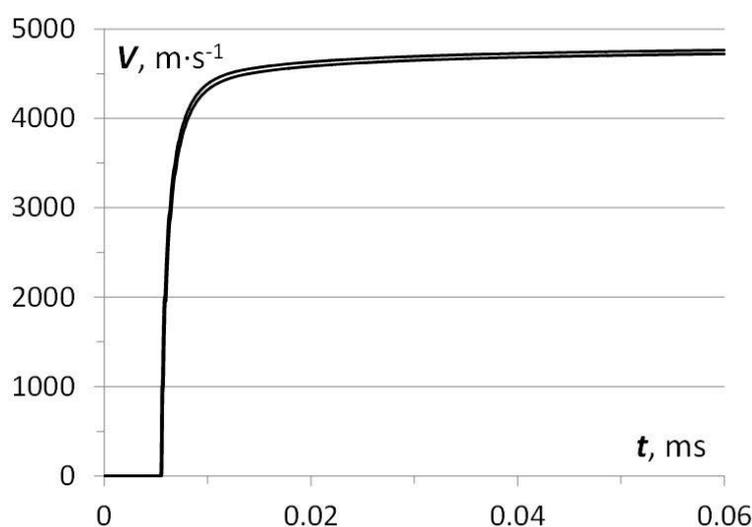


Рис. 2. Набор скорости медными пластинами при их нагружении взрывом зарядов компактного (сверху) и пористого (снизу) взрывчатого состава ТКХ-50+5% GAP

Характер постепенного, гораздо более медленного, чем на начальном этапе добора скорости этими же пластинами в диапазоне времени 20-60 мкс показан на рис. 3. На следующем рис. 4 показано смещение этих же пластин в процессе взрывного нагружения. Если максимальное смещение пластины при использовании компактного ТКХ-50+5% GAP составило 250.57 мм, то для пористого это 247.54 мм.

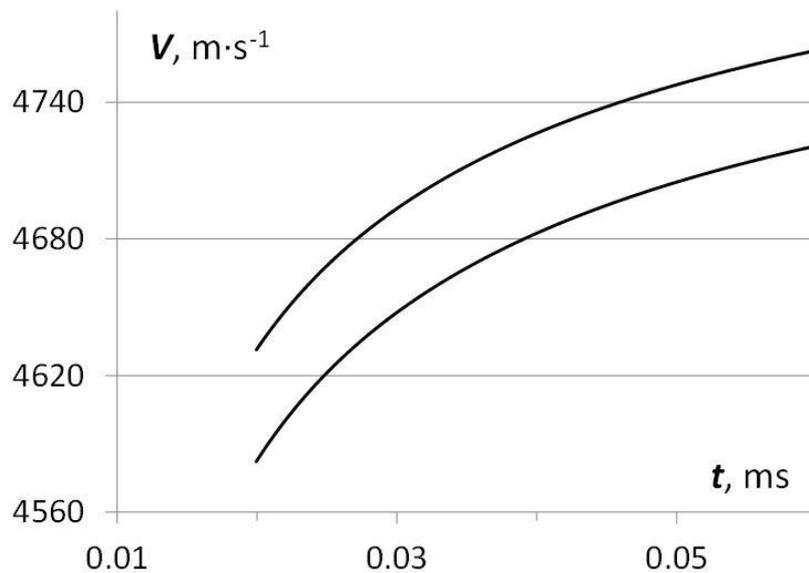


Рис. 3. Скорость медных пластин во временном диапазоне 20-60 мкс при их нагружении взрывом зарядов компактного (сверху) и пористого (снизу) взрывчатого состава ТКХ-50+5% GAP

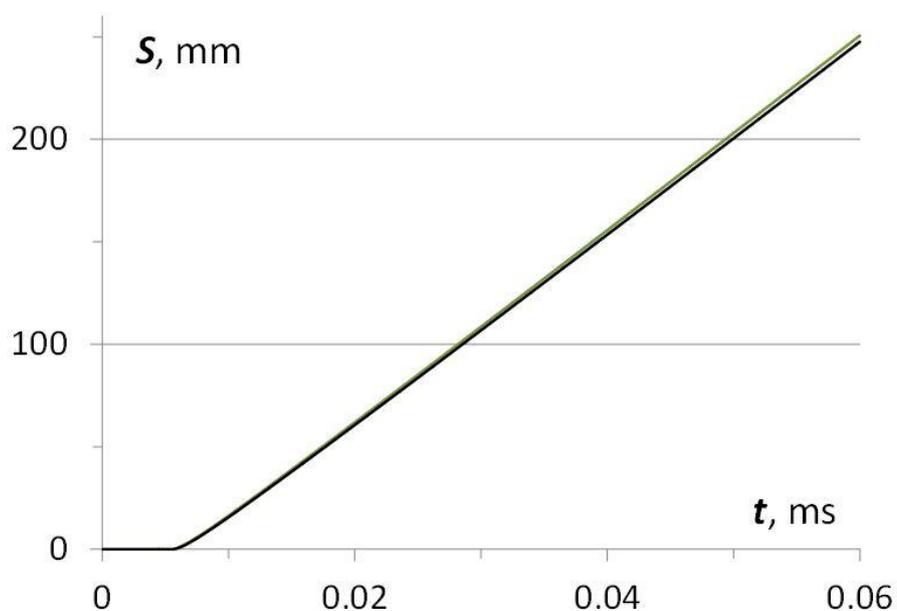


Рис. 4. Смещение медной пластины при ее нагружении взрывом заряда компактного (сверху) и пористого (снизу) взрывчатого состава ТКХ-50+5% GAP

Для более удобного восприятия и улучшения возможностей сопоставления представим результаты по скоростям пластин на различные моменты времени для всех рассматриваемых взрывчатых составов в табл. 3.

Табл. 3. Скорости медной пластины толщиной 1 мм на указанные моменты времени для взрывчатых составов на основе энергетического материала ТКХ-50 с энергетическими связующими GAP, АММО и ВАМО

Explosive formulation $t, \mu\text{s}$	5% GAP		5% АММО		5% ВАМО	
	100%	98%	100%	98%	100%	98%
	$v, \text{m/s}$					
10	4385.1	4318.9	4324.4	4257.1	4389.9	4323.7
20	4631.7	4582.7	4584.1	4535.2	4635.9	4587.3
30	4693.3	4647.7	4648.4	4602.8	4697.6	4652.3
40	4726.4	4682.5	4682.8	4639.1	4730.7	4687.1
50	4747.7	4704.9	4705.1	4662.4	4752.0	4709.5
60	4762.8	4720.9	4720.8	4679.1	4767.2	4725.5

Набор скорости медными пластинами при их нагружении взрывом зарядов компактного и пористого (2 %) взрывчатого состава ТКХ-50 с 5 мас.% АММО показан на рис. 5. Отчетливо просматривается влияние пористости взрывчатого вещества на скорость разгоняемых пластин. Как видно из табл. 3, максимальная скорость пластины при использовании компактного взрывчатого вещества составляет 4720.8 м/с, а при использовании пористого вещества – 4679.1 м/с. В табл. 3 приведены также скорости пластин и для промежуточных времен разгона. Что касается максимального смещения пластин, то при использовании компактного взрывчатого вещества оно составляет 247.74 мм, а при использовании пористого – 244.71 мм.

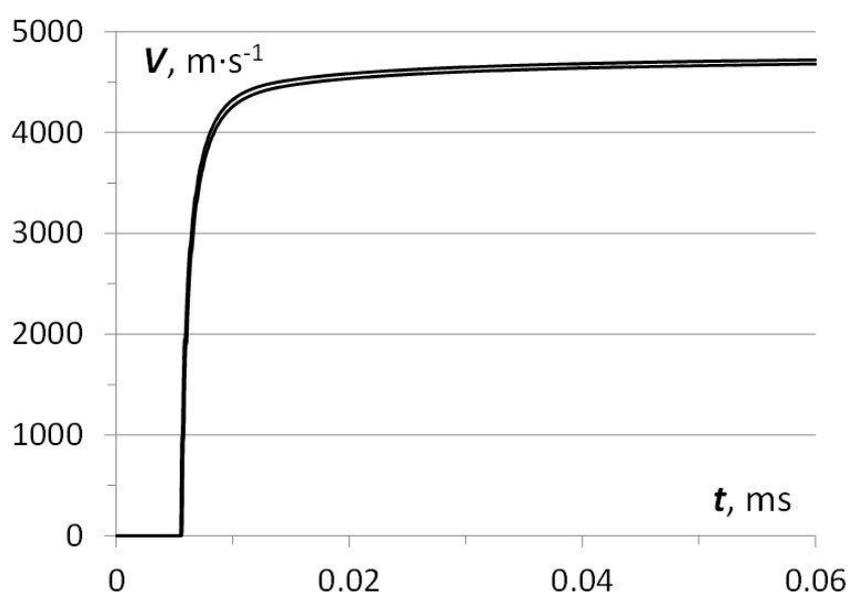


Рис. 5. Набор скорости медными пластинами при их нагружении взрывом зарядов компактного (сверху) и пористого (снизу) взрывчатого состава ТКХ-50+АММО

Набор скорости медными пластинами при их нагружении взрывом зарядов компактного и пористого (2 %) взрывчатого состава ТКХ-50 с 5 мас.% ВАМО показан на рис. 6. Отчетливо просматривается влияние пористости взрывчатого вещества на скорость разгоняемых пластин. Как видно из табл. 3, максимальная скорость пластины при использовании компактного взрывчатого вещества составляет 4767.2

м/с, а при использовании пористого вещества – 4725.5 м/с. В табл. 3 приведены также скорости пластин и для промежуточных времен разгона. Что касается максимального смещения пластин, то при использовании компактного взрывчатого вещества оно составляет 250.85 м, а при использовании пористого 247.83 м.

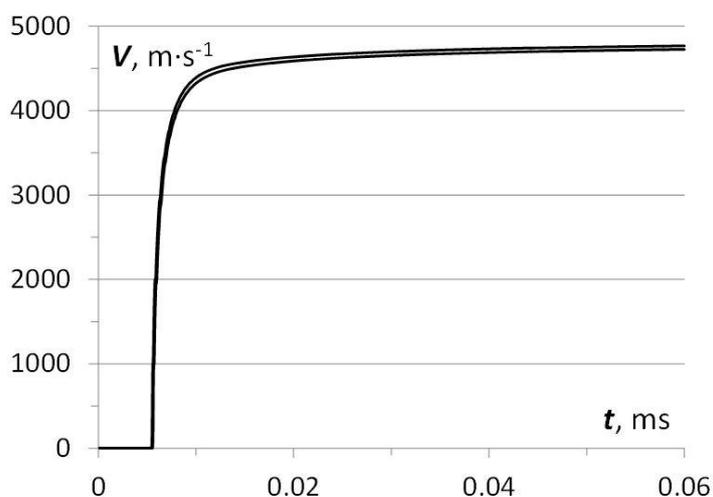


Рис. 6. Набор скорости медными пластинами при их нагружении взрывом зарядов компактного (сверху) и пористого (снизу) взрывчатого состава ТКХ-50+ВАМО

Теперь перейдем к представлению результатов по воздействию взрыва на медный слой толщиной 50 мм. Расчетный временной интервал здесь выбирался из условий получения информации о характере прохождения возбуждаемой взрывом ударной волны через всю толщину образца. Для этого было достаточно времени расчета в пределах 0.016 мс или, что то же самое, 16 мкс. Диаграммы ударных волн в медном слое на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при нагружении взрывом зарядов компактного взрывчатого состава ТКХ-50+GAP показаны на рис. 7. Совершенно естественно, что в расчетах явно прописывается процесс затухания в толстом слое меди нестационарной ударной волны.

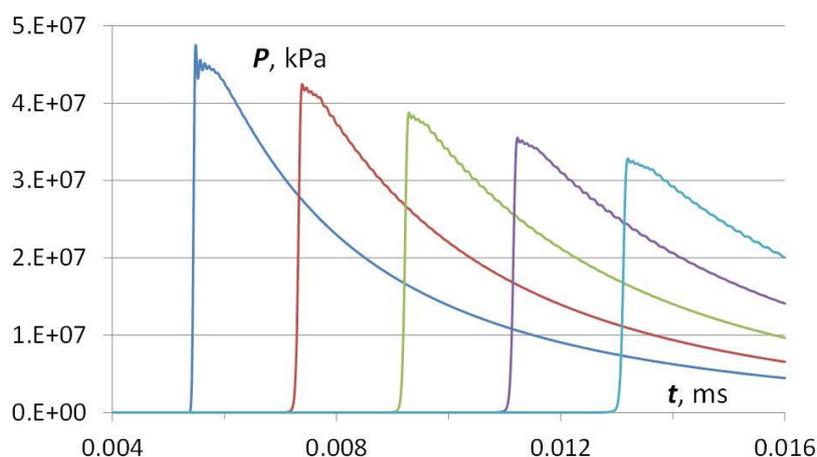


Рис. 7. Диаграммы ударных волн в медной преграде на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при ее нагружении взрывом заряда компактного взрывчатого состава ТКХ-50+GAP

Аналогичные результаты для взрывчатых составов на основе энергетического материала ТКХ-50 с энергетическими связующими АММО и ВАМО показаны на рис. 8, 9.

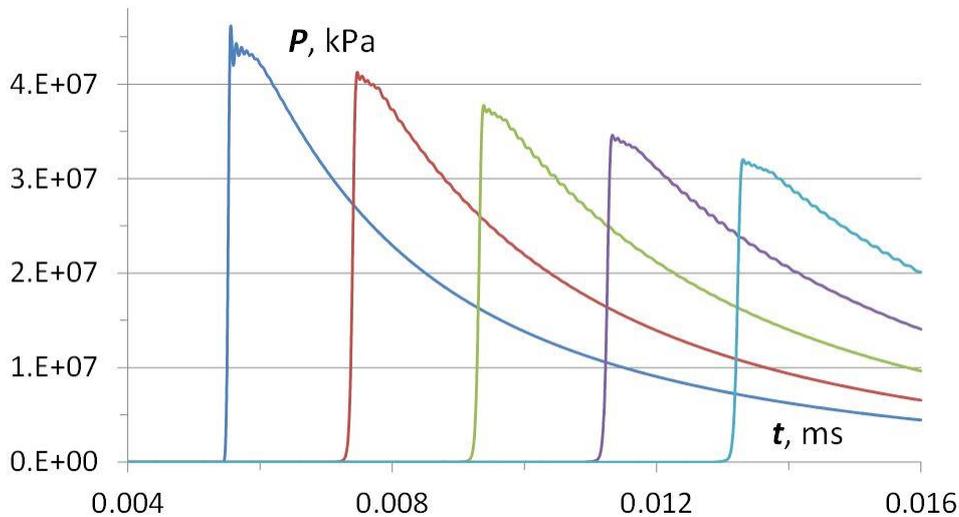


Рис. 8. Диаграммы ударных волн в медной преграде на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при ее нагружении взрывом заряда компактного взрывчатого состава ТКХ+АММО

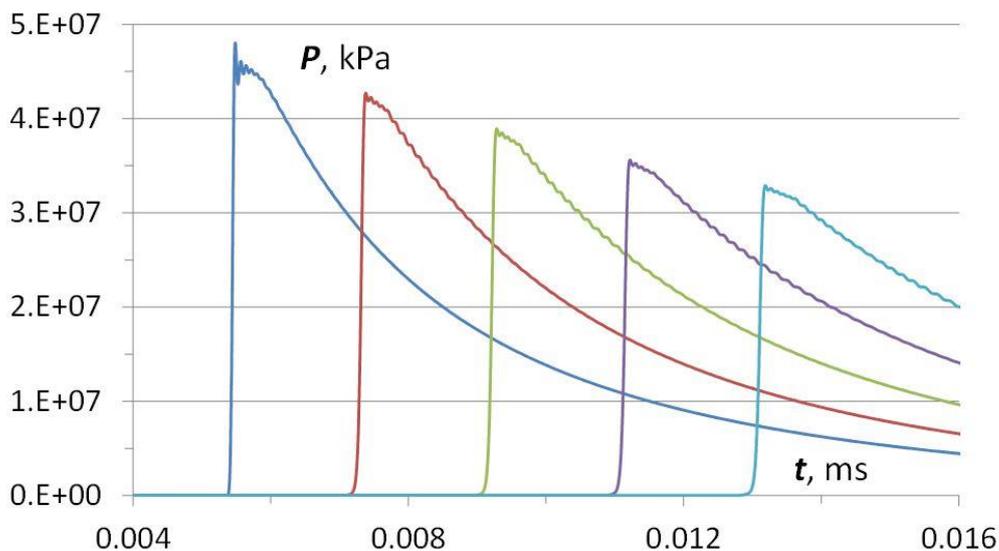


Рис. 9. Диаграммы ударных волн в медной преграде на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при ее нагружении взрывом заряда компактного взрывчатого состава ТКХ+ВАМО

Рассматривался вопрос влияния степени разбиения счетной сетки на результаты расчетов по распространению ударных волн. На рис. 10 показаны диаграммы ударных волн в медном слое на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при нагружении взрывом зарядов компактного взрывчатого состава ТКХ-50+ВАМО для принятого в работе основного размера счетной ячейки 0.2 мм. На следующем рис. 11 показаны результаты решения той же задачи для размера счетной ячейки 0.1 мм и в заряде взрывчатого состава, и в медном слое.

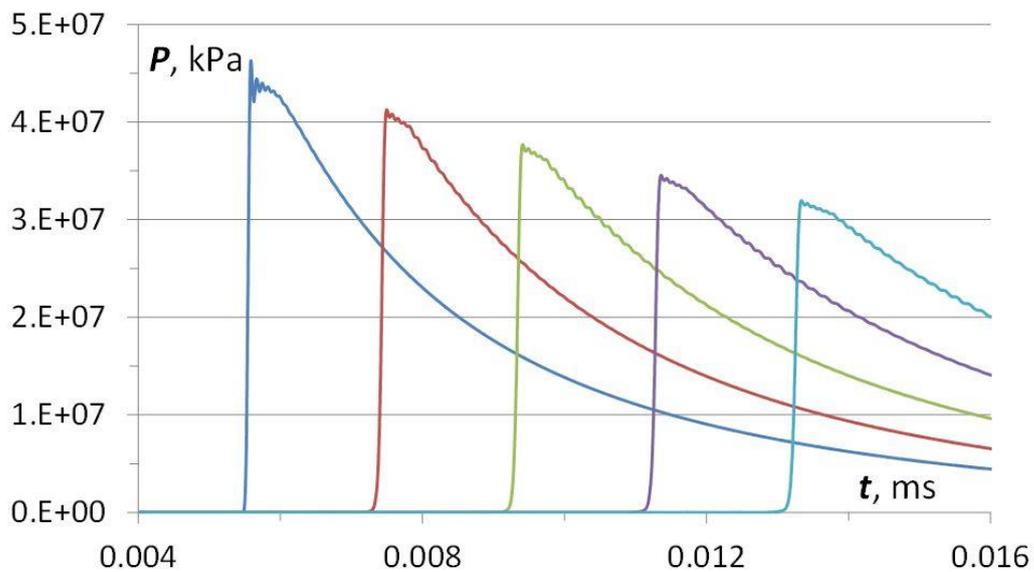


Рис. 10. Диаграммы ударных волн в медной преграде на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при ее нагружении взрывом заряда пористого взрывчатого состава ТКХ+ВАМО

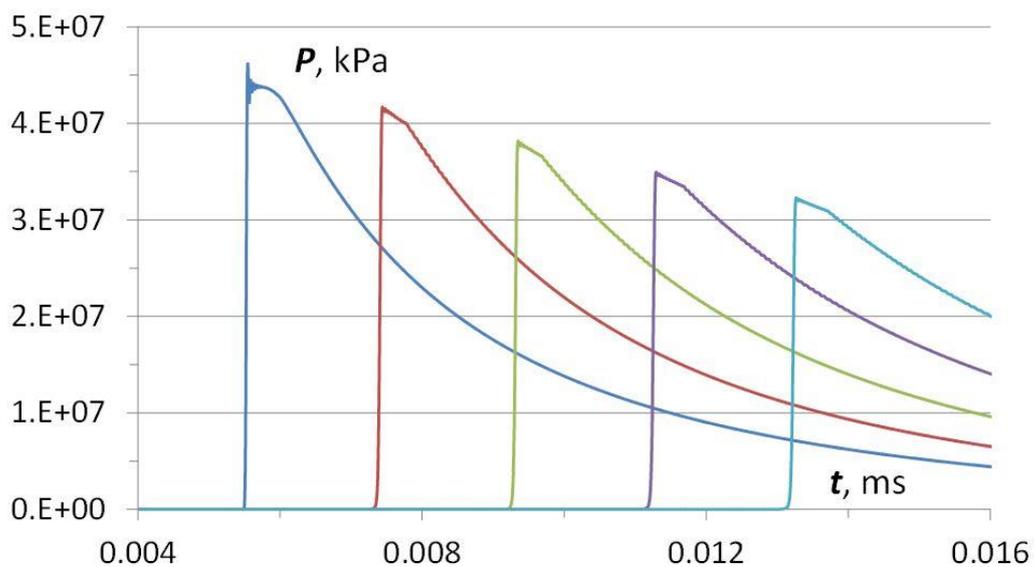


Рис. 11. Диаграммы ударных волн в медной преграде на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при ее нагружении взрывом заряда пористого взрывчатого состава ТКХ+ВАМО и при двукратном уменьшении размера счетной ячейки

Непосредственное сопоставление результатов расчетов, выполненных при использовании зарядов компактного и пористого взрывчатого состава, показано на рис. 12.

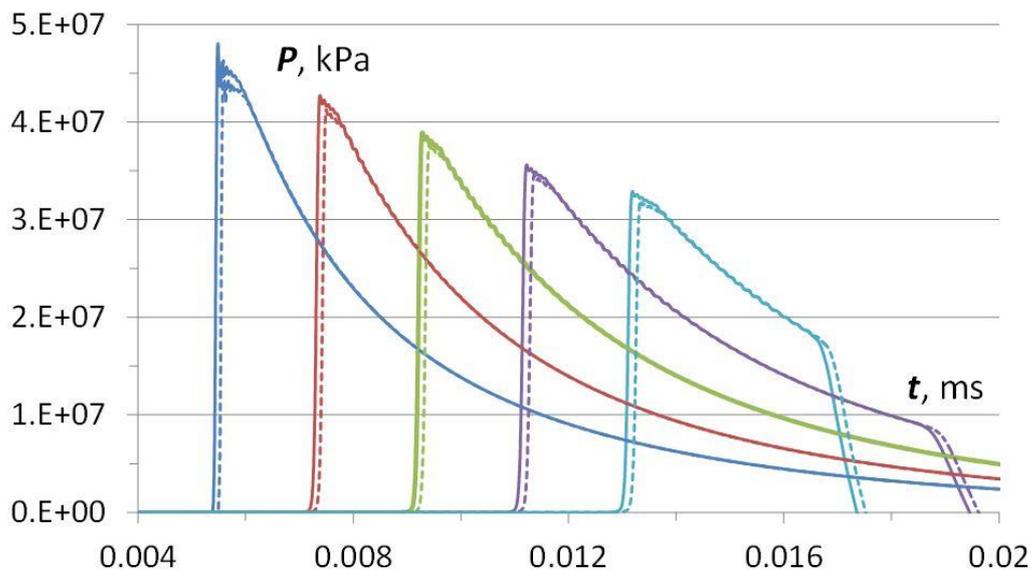


Рис. 12. Диаграммы ударных волн в медной преграде на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при ее нагружении взрывом зарядов компактного (сплошная линия) и пористого (штриховая линия) взрывчатого состава ТКХ+ВАМО

Далее рассмотрим результаты по распространению детонационных волн в образцах изучаемых взрывчатых составов. Диаграммы детонационных волн на координатах 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве заряда компактного взрывчатого состава ТКХ-50+GAP показаны на рис. 13.

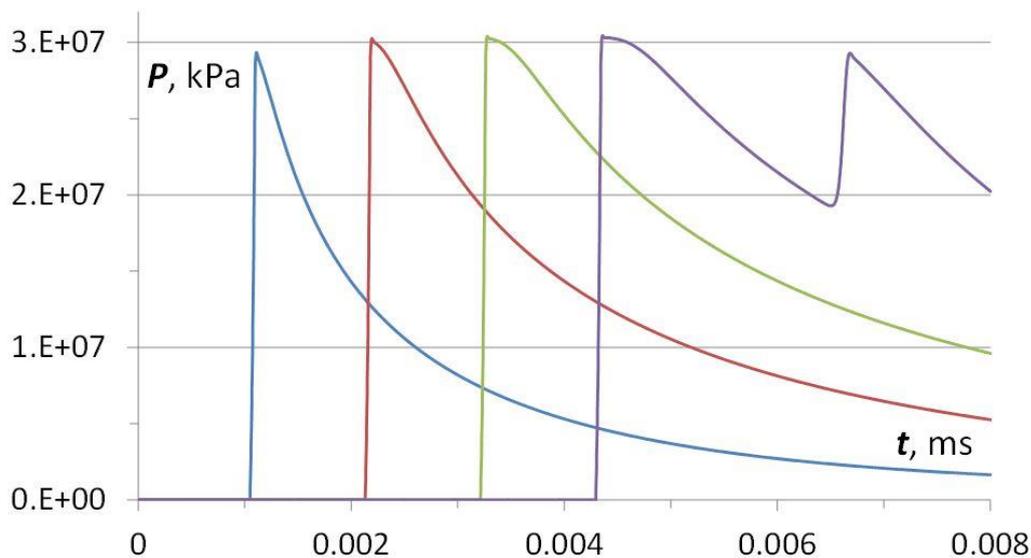


Рис. 13. Диаграммы детонационных волн на координатах 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве заряда компактного взрывчатого состава ТКХ-50+GAP

Диаграммы детонационных волн на координатах 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве зарядов компактного и пористого взрывчатого состава ТКХ-50+АММО показаны на рис. 14, 15.

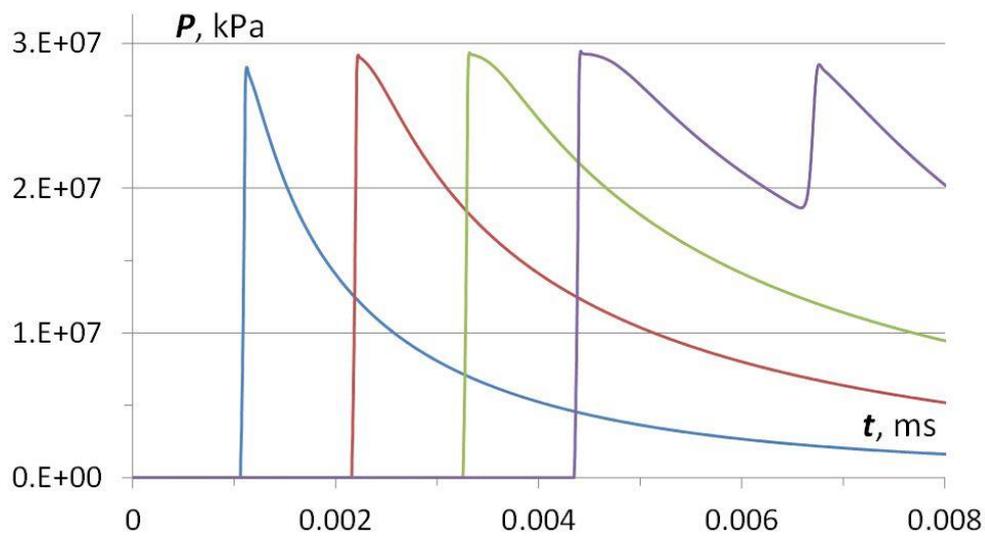


Рис. 14. Диаграммы детонационных волн на координатах 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве заряда компактного взрывчатого состава ТКХ-50+АММО

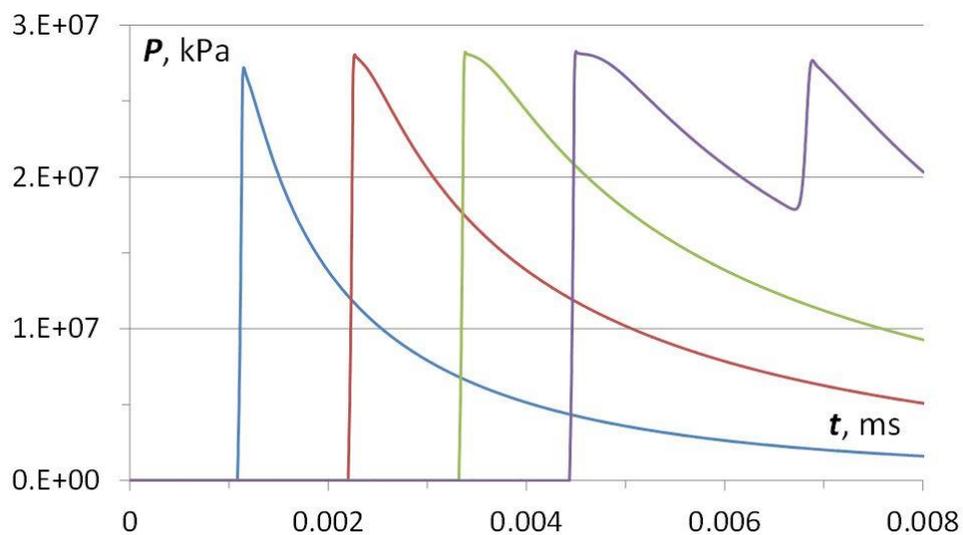


Рис. 15. Диаграммы детонационных волн на координатах 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве заряда пористого взрывчатого состава ТКХ-50+АММО

Диаграммы детонационных волн на координатах 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве зарядов компактного и пористого взрывчатого состава ТКХ-50+ ВАМО показаны на рис. 16, 17.

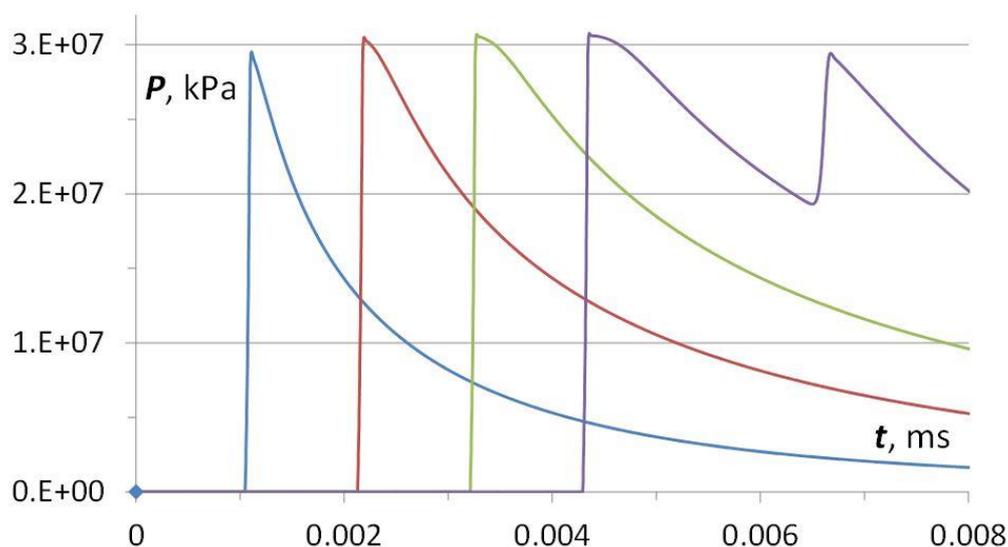


Рис. 16. Диаграммы детонационных волн на координатах 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве заряда компактного взрывчатого состава ТКХ-50+ВАО

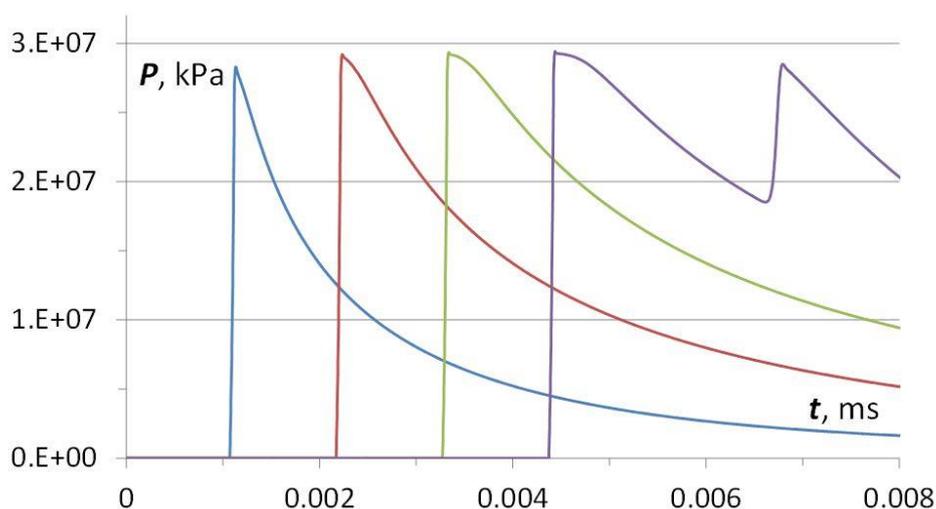


Рис. 17. Диаграммы детонационных волн на координатах 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве заряда пористого взрывчатого состава ТКХ-50+ВАО

Рассматривался также вопрос влияния степени разбиения счетной сетки на результаты расчетов по прохождению детонационных волн. На рис. 18 показаны диаграммы детонационных волн в заряде пористого взрывчатого состава ТКХ-50+ВАО при нагружении медной пластины толщиной 1.0 мм на координатах 10, 20, 30 и 40 мм. В этом случае использовался основной принятый в работе размер счетной ячейки 0.2 мм. На следующих рисунках 19, 20 при той же постановке расчетов размеры счетных ячеек уменьшены соответственно до 0.1 и 0.05 мм. Тенденция увеличения расчетного давления с уменьшением расчетной ячейки просматривается, но она довольно слабая.

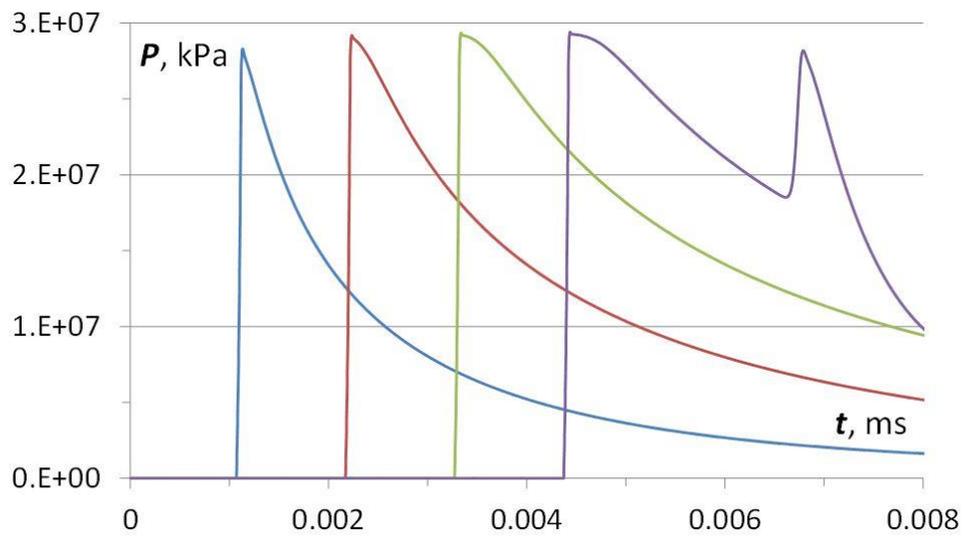


Рис. 18. Диаграммы детонационных волн на координатах 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве заряда пористого взрывчатого состава ТКХ-50+ВАМО в контакте с медной пластиной

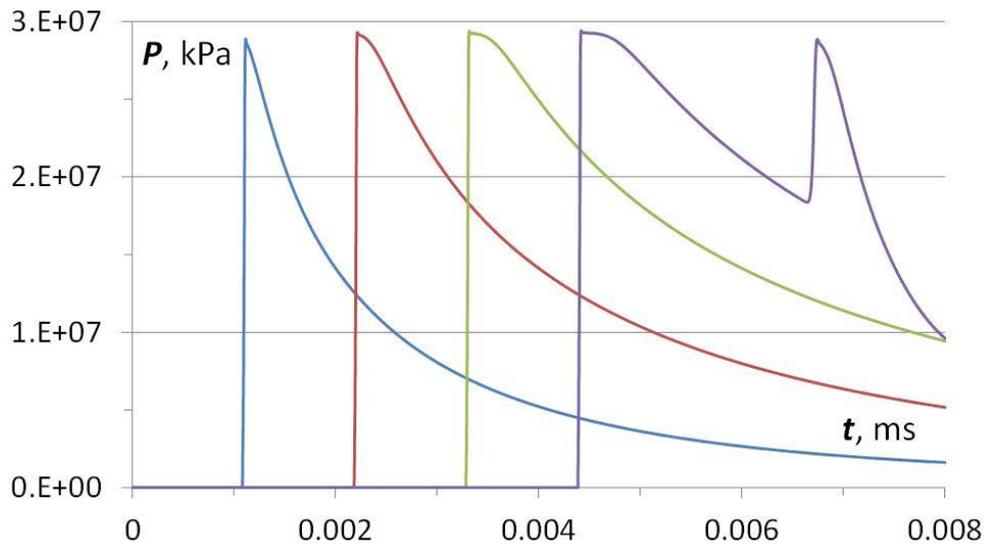


Рис. 19. Диаграммы ударных волн на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве заряда пористого взрывчатого состава ТКХ-50+ВАМО в контакте с медной пластиной и при двукратном уменьшении размера счетной ячейки

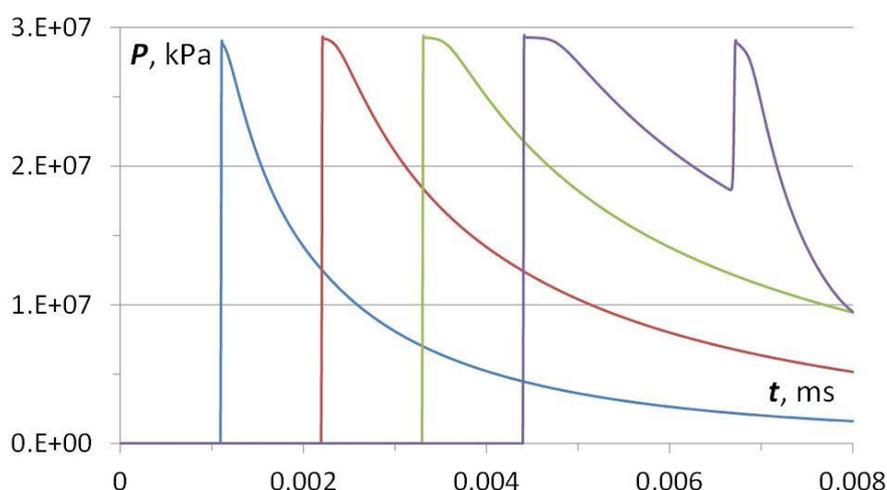


Рис. 20. Диаграммы ударных волн на координатах 0, 10, 20, 30 и 40 мм при взрыве заряда пористого взрывчатого состава ТКХ-50+ВАМО в контакте с медной пластиной и при четырехкратном уменьшении размера счетной ячейки

Заключение

Проведенное расчетное изучение воздействия взрыва зарядов трех взрывчатых составов на основе энергетического материала ТКХ-50 с энергетическими связующими на модельный металлический материал, в качестве которого была выбрана медь, позволило получить ряд достаточно корректных сопоставительных результатов по свойствам рассмотренных взрывчатых составов и по характеру их взрывного воздействия на металлические преграды. Наряду с подобными результатами, полученными в работе [13] для энергетического материала ТКХ-50 и двух взрывчатых составов на его основе с инертными связующими, эти результаты позволяют прогнозировать свойства и поведение реальных взрывчатых составов на основе ТКХ-50, разработка которых планируется и осуществляется в настоящее время [23].

Литература:

1. Fischer N. Pushing the limits of energetic materials – the synthesis and characterization of dihydroxylammonium 5,5'-bistetrazole-1,1'-diolate / N. Fischer, D. Fischer, T.M. Klapötke, D.G Piercey, J. Stierstorfer // J. Mater. Chem. - 2012. - Vol. 22, Iss. 38. - P. 20418-20422.
2. Klapötke T.M. TKX-50: A highly promising secondary explosive. Materials Research and Applications: Select Papers from JCH8-2019. Singapore: Springer Nature Pte Ltd., 2021. P. 1-91
3. Голубев В.К. Влияние заданного значения энтальпии образования на детонационные характеристики на примере энергетического материала ТКХ-50 [Электронный ресурс] // Sci-Article.ru. – 2021. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1613592890> (дата обращения: 21.03.2021).
4. Голубев В.К. Расчет детонационных характеристик энергетического композиционного материала на основе взрывчатого вещества ТКХ-50 и парафина [Электронный ресурс] // Sci-Article.ru. – 2021. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1615941046> (дата обращения: 21.03.2021).
5. Голубев В.К. Расчет детонационных характеристик энергетического композиционного материала на основе взрывчатого вещества ТКХ-50 и

- энергетического связующего GAP [Электронный ресурс] // Sci-Article.ru. – 2021. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1617162201> (дата обращения: 21.03.2021).
6. Голубев В.К. Расчет детонационных характеристик энергетических композиционных материалов на основе взрывчатого вещества ТКХ-50 и энергетических полимерных связующих АММО И ВАМО [Электронный ресурс] // Sci-Article.ru. – 2021. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1619906382> (дата обращения: 06.05.2021).
7. Голубев В. К. Расчет детонационных характеристик энергетического композиционного материала на основе взрывчатого вещества ТКХ-50 и полимерного связующего НТПВ [Электронный ресурс] // Mpcareer.ru. – 2021. URL: <https://www.mpcareer.ru/publikaciya-materialov-v-smi/A4/32c5a72f-bee1-4ecb-bf8a-77650e64b36a> (дата обращения: 02.06.2021).
8. Голубев В.К. Анализ экспериментальных данных по скорости детонации взрывчатых составов на основе ТКХ-50 [Электронный ресурс] // Sci-Article.ru. – 2021. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1621266649> (дата обращения: 20.05.2021).
9. Golubev V.K., Klapötke T.M. Computational estimations of the performance of TKX-50 based formulations. Preprint Int. Conf. "New Models and Hydrocodes for Shock Wave Physics" (PETER 2021) [Internet resource] // Mpcareer.ru. – 2021. URL: <https://www.mpcareer.ru/publikaciya-materialov-v-smi/A4/e5e2c573-8594-4a45-a33c-15bbc5b64a4c> (date of access: 27.06.2021).
10. Sućeska M. Explo5. Version 6.04 User's Guide. – Zagreb, Croatia, 2017. – 174 p.
11. Konkova T. S. Thermochemical properties TKX-50 (Dihydroxylammonium-5,5-bistetrazole-1,1-diolate) / T.S. Konkova, J.N. Matjushin, E.A. Miroshnichenko, A.F. Asachenko, P.B. Dzhevakov // 47th Annual Conference (International) of ICT. – Karlsruhe, Germany, 2016. – P. 90/1-90/8.
12. Конькова Т.С. Энергетические свойства производных 1,2,4-триазола / Т.С. Конькова, Ю.Н. Матюшин, Е.А. Мирошниченко, М.Н. Махов, А.Б. Воробьев, А.В. Иноземцев // Горение и взрыв. – 2018. – Т. 11, № 4. – С. 90-99.
13. Голубев В.К. Расчетное изучение воздействия взрыва зарядов энергетического материала ТКХ-50 и двух взрывчатых составов на его основе с инертными связующими на преграды из меди [Электронный ресурс] // Sci-Article.ru. – 2021. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1623793277> (дата обращения: 18.06.2021).
14. Yao L.N. Effects of binder on molding properties of HATO-based explosives / L.N. Yao, Zh.X. Han, C.L. Wang, Sh.X. Zhao, Zh.X. Dai // J. Phys.: Conf. Ser. – 2020. – Vol. 1507, 022032. – 8 p.
15. Risha, G.A., B. J. Evans, E. Boyer, K.K. Kuo. Metals, energetic additives, and special binders used in solid fuels for hybrid rockets: Chapter 10 // Fundamentals of hybrid rocket combustion and propulsion. Eds. M. J. Chiaverini and K.K. Kuo. Reston, VA: AIAA, 2007. P. 413-456
16. Meyer R., Köhler J., Homburg A. Explosives: Sixth, Completely Revised Edition. – Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007. – 421 p.
17. Badgujar D.M. Advances in science and technology of modern energetic materials: An overview / D.M. Badgujar, M.B. Talawar, S.N. Asthana, P.P. Mahulikar // J. Hazard. Mater. 2008. Vol. 151. P. 289-305.
18. Xiao Z. Current trends in energetic thermoplastic elastomers as binders in high energy insensitive propellants in China / Z. Xiao, W. He, S. Ying, W. Zhou, F. Xu // Sci. Tech. Energetic Materials. – 2014. – Vol. 75, No. 2. – P. 37-43.
19. Kubota N. Propellants and Explosives. Thermochemical Aspects of Combustion: Third, Revised and Updated Edition. – Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2015. – 534 p.
20. Орленко Л.П. (Ред.). Физика взрыва: / С.Г. Андреев, А.В. Бабкин, Ф.А. Баум, Н.А.

Имховик, И.Ф. Кобылкин, В.И. Колпаков, С.В. Ладов, В.А. Одинцов, Л.П. Орленко, В.Н. Охитин, В.В. Селиванов, В.С. Соловьев, К.П. Станюкович, В.П. Челышев, В.И. Шехтер. – Изд. 3-е, испр. – В 2 т. – Т. 1. - 832 с. – Т. 2. - 656 с. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.

21. Ansys Autodyn User's Manual. Release 15.0. – Canonsburg, PA: ANSYS, Inc., 2013. – 492 p.

22. Steinberg D.J., Cochran S.G., Guinan M.W. A constitutive model for metals applicable at high strain rate // J. Appl. Phys. – 1980. – Vol. 51, No. 3. – P. 1498-1504.

23. Golubev V.K., Klapötke T.M. Calculation results on the performance of TKX-50 based formulations. Abstr. 24th Int. Seminar on New Trends in Research of Energetic Materials. Pardubice, 2022 [Internet resource] // Ntrem. – 2021. URL: https://www.ntrem.com/registration/print_paper.cgi?id=9 (date of access: 05.10.2021).

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Абдулаев Салах Султанович

Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова
ассистент

Ключевые слова: минеральные удобрения; озимая пшеница; урожайность; качество семян; сельское хозяйство; сорт Гром

Keywords: mineral fertilizers; winter wheat; productivity; seed quality; agriculture; variety Grom

Аннотация: В данной статье приводятся результаты исследования по влиянию минеральных удобрений в различных дозах на качественные показатели зерна озимой пшеницы и на ее урожайность. Использование минеральных удобрений является важнейшей частью при возделывании сельскохозяйственных культур, в частности, хлебных злаков. Известно, что минеральные удобрения оказывают значительное влияние на качество и урожайность зерна хлебных злаков.

Abstract: This article presents the results of a study on the effect of mineral fertilizers in various doses on the quality indicators of winter wheat grain and its yield. The use of mineral fertilizers is the most important part in the cultivation of crops, in particular, cereals. It is known that mineral fertilizers have a significant impact on the quality and yield of cereal grains.

УДК 63. 633.1

Для развития сельского хозяйства в современных программах развития главным образом предусмотрены инновационные технологии. Освоение таких технологий позволит значительно увеличить урожайность зерновых культур до 50%, и получать

с 1 га до 6.5 т. Применение оптимальных доз минеральных удобрений, главным образом азотных, позволяет получать стабильно высокие урожаи зерна пшеницы. Наряду с повышением урожайности, повышается и рентабельность использования минеральных удобрений в производстве зерновых [1, с. 46].

Современные сорта озимой пшеница при использовании оптимальных доз азотных удобрений позволяют получать стабильно высокие урожаи с хорошими качественными показателями. В связи с этим, разработка оптимальных агротехнических приемов, главным образом оптимизация азотного питания, является важнейшей задачей в стратегии повышения урожайности и качества зерновых культур в нашей стране (Тютюнов и др., 2012).

Главной задачей наряду с повышением урожайности зерновых культур за счет использования минеральных удобрений, является снижение затрат на производство пшеницы, так как наряду с урожаем высокого качества, сегодняшние рыночные экономические отношения предусматривают и высокий экономический эффект от производства с максимальным доходом [3, с. 46].

В связи с этим, **актуальным** является изучение влияния различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Чеченской республики.

Цель исследований – изучение влияния различных по интенсивности технологий возделывания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта «Гром», оценка адаптивного потенциала и экономической эффективности возделывания озимой пшеницы.

Задачи исследований:

- исследовать теоретическое обоснование хозяйственного значения озимой пшеницы;
- определить структуру биологической урожайности зерна озимой пшеницы сорта Гром в зависимости от минеральных удобрений в полевых опытах;
- определить содержание сырой клейковины, протеина и аминокислот в зерне озимой пшеницы сорта Гром в зависимости от условий питания;
- дать экономическую оценку эффективности использования минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы;

Условия и методика проведения исследований

Объектом исследований являлась культура пшеницы мягкой озимой (*Triticum aestivum L.*), сорта Гром.

Научные исследования проведены в период с 2018 по 2020 годы в Чеченском НИИСХ.

Таблица 1 - Схема опыта.

Варианты опыта	Дозы NPK
Вариант А(контроль)	Без использования NPK
Вариант В	N60P60K90
Вариант С	N60P60K120
Вариант D	N90P60K120

Варианты технологий в опыте различались уровнем интенсификации (расчетными нормами вносимых минеральных удобрений и применением пестицидов):

В качестве минеральных удобрений использовали с осени азофоску (N:P:K – 16:16:16) и хлористый калий KCl (60 % д.в.) под предпосевную культивацию. Азотную подкормку посевов аммиачной селитрой NH₄NO₃ (34,5 % д.в.) проводили дважды: N30 - во время возобновления весенней вегетации (BBB) и N30 - в начале фазы выхода в трубку.

В опытах на варианте 2,3,4 применяли интегрированную защиту посевов от болезней, вредителей и сорной растительности.

Размещение делянок в опыте систематическое, повторность 3-х кратная, общая площадь делянки - 120 м², в том числе учетная - 100 м².

Обработка почвы под озимую пшеницу в опыте включала дискование почвы ЛДГ-10 на глубину 8-10 см после уборки предшественника, вспашку с боронованием на глубину пахотного слоя (20-22 см), культивацию КПС-4 на 10-12 см с боронованием БЗСС-1,0 по мере появления сорняков. Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения. Непосредственно перед посевом проводили предпосевную обработку почвы комбинированным агрегатом РВК-3,6. Посев озимой пшеницы проводили 10 сентября рядовым способом сеялкой СПУ-3.

Норма высева семян составляла 5,0 млн. всх. шт./га.

Посев озимой пшеницы в наших исследованиях был произведен 10 сентября, являющийся наиболее рекомендуемым сроком в соответствующих условиях. В наших исследованиях, такой срок способствовал обеспечению дружных всходов семян и достаточно хорошей переносимости зимы. в проводимых опытах уход за посевами производился следующими приемами – прикатывание, боронование, защита посевов, азотные удобрения.

В исследованиях строго соблюдался принцип единственного различия факторов, согласно методике полевых опытов Доспехова Б.А.

Растения озимой пшеницы оказывают положительную реакцию на внесение основных элементов питания. Оптимальное соотношение доз основных элементов питания напрямую влияет на рост, развитие и формирование урожая, а также качества зерна озимой пшеницы. Недостаток одного из основных элементов питания может привести к снижению качества зерна даже в том случае, когда все остальные элементы находятся в достаточном количестве. Согласно данным многих исследований известно, что минеральные удобрения, главным образом их

оптимальное сочетание, способствует повышению урожайности до 50%, иногда и больше.

Обеспечение растений озимой пшеницы основными элементами питания играет важнейшую роль в получении высококачественного урожая зерна, в частности, достаточными дозами растения необходимо обеспечивать на ранних этапах жизни – кущение и образование колоса.

Потребление большого количества одного из важнейших элементов питания для растений – азота – у озимой пшеницы происходит в фазу выхода трубки наряду с фазой колошения.

При дробном внесении азота в оптимальном количестве и сочетании с другими элементами, в фазе образования колоса увеличиваются число колосков.

Использование азота ранней весной способствует получению высокого урожая, также обеспечивает повышение белка в составе зерна. При обнаружении недостатка азота в разные фазы развития жизни растений, азот необходимо использовать в виде лечебной меры внекорневой подкормкой, такую подкормку целесообразно проводить в фазу цветения.

В первые недели роста растений, как известно, происходит активное поглощение азота. Азот оказывает воздействие на увеличение роста корня растений озимой пшеницы.

Калий растениями озимой пшеницы используется в течении всего вегетационного периода от начала роста до цветения. Образование корня растений озимой пшеницы и накопление сахара главным образом происходит за счет обеспеченности растений фосфором и калием, хорошая корневая система повышает устойчивость растений к заморозкам.

В связи с вышесказанным, в наших исследованиях мы изучали влияние разных агротехнологий, включающих в себя разное соотношение минеральных удобрений и пестицидов на урожайность, структуру и качество зерна озимой пшеницы. Данные представлены в таблицах 2-3.

Таблица 2 – Фактическая и биологическая урожайность озимой пшеницы сорта Гром, в т/га.

Варианты опыта	Фактическая урожайность, т/га				В среднем
	Повторность				
	1	2	3	4	
Вариант А(контроль)	3,15	2,69	2,54	2,98	2,84
Вариант В	5,00	4,55	4,43	4,86	4,71
Вариант С	5,57	5,11	4,99	5,39	5,27
Вариант D	6,05	5,58	5,46	5,90	5,75
НСР05					0,42
Биологическая урожайность, в т/га					
Варианты опыта	Повторность				В среднем
	Повторность				
	1	2	3	4	
Вариант А(контроль)	3,34	2,85	2,69	3,16	3,0
Вариант В	5,21	4,74	4,62	5,06	4,91
Вариант С	5,80	5,33	5,20	5,61	5,48
Вариант D	6,30	5,81	5,68	6,15	5,99
НСР05					0,44

На варианте А фактическая урожайность озимой пшеницы в среднем за три года составила 2.84 т/га, на варианте В фактическая урожайность была выше за счет использования минеральных удобрений и составляла в среднем за три года 4.71 т/га, что на 1.87 т/га больше контрольного варианта. По мере повышения доз фактическая урожайность зерна повышалась, таким образом, на варианте С, она составляла 5.27 т/га, что на 0.56 т/га больше чем на варианте В и на 2.43 т/га больше, чем на контрольном варианте. Наибольшая фактическая урожайность была получена на варианте D и составляла 5.75 т/га, что на 2.91 т/га больше относительно контрольного варианта. Таким образом, наибольшая фактическая урожайность в среднем за три года была получена на варианте D – 5.75 т/га.

Биологическая урожайность, как правило, всегда больше фактической. Таким образом на контрольном варианте в среднем за три года биологическая урожайность составляла 3.0 т/га, на варианте В биологическая урожайность была 4.91 т/га, вариант С – 5.48 т/га, а на варианте D была получена почти в двое больше урожайности относительно контроля – 5.99 т/га. Таким образом, наибольшая биологическая урожайность была получена на варианте D, где были использованы минеральные удобрения в дозах N90P60K120.

Возделывание озимой пшеницы с целью получения зерна высокого качества является основной перспективной сельского хозяйства на сегодняшний день. Известно, что озимая пшеница при разных условиях дает разные урожаи, однако, условия возделывания влияют не только на урожайность, но и качественные показатели зерна – на массу 1000 семян, натуру, химический состав и т.д.

Важнейшими показателями качества зерна, достойное для хлебопечения являются содержание белка и клейковины, также важную роль играют натура зерна и содержание аминокислот. Содержание белка и клейковины зависят от многих факторов, таких как условия возделывания, зоны и почвенного плодородия, тем не менее согласно исследованиям, содержание белка может колебаться от 8 до 26%, а клейковины от 29 -3 9%.

Отмечено, что содержание белка в зерне, которая предназначена для перемола в муку с последующим хлебопечением, должно быть не меньше 14%.

Согласно нашим исследованиям, содержание белка зависело от применяемой технологии возделывания, таким образом, при высокоинтенсивной технологии содержание белка составило 14,0%, при интенсивной -13.9%, традиционная – 13.2%, биологизированная – 11.4%. также от технологии зависело и содержание клейковины, так, при высокоинтенсивной технологии ее количество составила – 30.3%, что соответствует первой группе, при интенсивной -29.6%, также относящаяся к первой группе качества, традиционная технология позволила получить клейковину 28.5% - первая группа, а биологизированная 24.1%, что соответствует только второй группе качества.

Неотъемлемым показателем качества зерна, пригодного для переработки в муку является показатель «число падения» (ЧП). Число падения (по Хагбергу) - это показатель активности фермента альфа-амилазы в пшенице, ржи, тритикале, ячмене и продуктах их переработки (муке).

В соответствии с ГОСТ Р 52554-2066 «Пшеница. Технические условия» ограничительной нормой по числу падения для мягкой пшеницы является: для товарного зерна 1-го и 2-го класса – не менее 200 с, для 3-его класса – не менее 150 с, для 4-го класса – не менее 80 с, для 5-го класса – не ограничивается.

Данные по качеству зерна изучаемых сортов озимой пшеницы представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 3 – Содержание сырой клейковины и протеина в зерне озимой пшеницы

Варианты	Повторность	Содержание сырой клейковины, %	Содержание протеина, %	Качество сырой клейковины, ИДК-4, ед. пр.	Группа качества	Число падения, с
Вариант А контроль	1	23,9	11,6	82	II	205
	2	23,2	10,9	83	II	208
	3	23,7	11,4	87	II	210
	4	23,5	11,2	85	II	207
	В среднем	23,6	11,3	84	II	208
Вариант В	1	28,3	13,7	59	I	215
	2	27,6	13,0	70	I	219
	3	28,1	13,5	61	I	217
	4	27,9	13,3	64	I	218
	В среднем	28,0	13,4	63	I	217
Вариант С	1	28,5	13,8	64	I	216
	2	27,8	13,1	58	I	215
	3	28,3	13,6	62	I	218
	4	28,1	13,4	70	I	220
	В среднем	28,2	13,5	63	I	217
Вариант D	1	29,2	14,1	69	I	220
	2	28,5	13,4	61	I	216
	3	29,0	13,9	65	I	218
	4	28,8	13,7	58	I	215
	В среднем	28,9	13,8	63	I	217
НСР05		0,46	0,46			

Содержание сырого протеина и клейковины в зерне озимой пшеницы являются важнейшими показателями, определяющие пригодность зерна на переработку в муку.

В наших исследованиях, содержание этих показателей варьировались в зависимости от применяемых минеральных удобрений. Таким образом, содержание клейковины и протеина на варианте А в среднем за три года была 23.6% и 11.3% соответственно. Число падения на том же варианте составляла 208 с., в целом, зерно, полученное на варианте А отвечала требованиям 2-й группы качества.

На варианте В содержание клейковины и сырого протеина было выше относительно контрольного варианта и составила 28.0% и 13.4% соответственно, число падения по Хигберту на данном варианте составило 217 с, зерно, полученное на варианте В, отвечает требования 1-й группы качества.

На варианте С, мы получили клейковину и сырого протеина 28,2% и 13,5% соответственно, число падения на варианте С было 217 с, что соответствует требованиям 1-й группе качества.

Лучшие показатели по содержанию клейковины и сырого протеина мы получили на варианте D, где показатели были следующие – 28,9% и 13,8% соответственно, число падения в данном варианте составляло 217 с, что, естественно, соответствует 1-й группе качества.

Таблица 4 – Масса 1000 зерен и натура зерна озимой пшеницы

Варианты опыта	Масса 1000 зерен, г				В среднем
	повторность				
	1	2	3	4	
Вариант А контроль	38,8	38,3	39,2	38,0	38,5
Вариант В	45,9	45,4	46,3	45,1	45,6
Вариант С	46,3	45,8	46,7	45,5	46,0
Вариант D	52,9	52,4	53,3	52,1	52,6
НСР05					0,82
Натура зерна, г/л					
Вариант А контроль	744	743	746	744	744
Вариант В	763	762	764	763	763
Вариант С	774	773	776	774	774
Вариант D	780	779	782	780	780
НСР05					1,83

Масса 1000 семян и натура зерна также являются важными показателями качества зерна озимой пшеницы.

Так, в наших исследованиях, на контрольном варианте мы получили 38.5 г в среднем за три года, на варианте В масса 1000 семян была выше относительно контроля на 8.1 г и составила 45.6 г. На варианте С, масса 1000 семян была выше относительно контроля на 8.6 г и относительно варианта В на 0.4 г и составила 46.0 г.

Наибольшей массой 1000 семян обладали семена, полученные с варианта D, их масса составляла 52.6 г, что на 14.1 г больше относительно контрольного варианта, на 7.0 г больше относительно варианта В, на 6.6 г больше варианта С. Таким образом, масса 1000 семян по вариантам опыта варьировалась с 38,5 г до 52.6 г.

Натура зерна также варьировалась в зависимости от применяемых удобрений с 744 г/л до 780 г/л. Таким образом средняя натура зерна за три года исследований на контрольном варианте составила 744 г/л, на варианте В натура зерна была выше на 19 г и составляла 763 г/л. На варианте С, натура зерна составляла 774 г/л, что на 30 г/л выше относительно контрольного варианта. Самая высокая натура зерна была получена на варианте D – 780 г/л, что на 36 г больше относительно контрольного варианта.

Таким образом, вариант D, является наилучшим из всех исследуемых вариантам по таким показателям, как масса 1000 семян, по натуре зерна в г/л, по содержанию клейковины и сырого протеина.

Выводы

1. На варианте А фактическая урожайность озимой пшеницы в среднем за три года составила 2.84 т/га, на варианте В фактическая урожайность была выше за счет использования минеральных удобрений и составляла в среднем за три года 4.71 т/га, что на 1.87 т/га больше контрольного варианта. По мере повышения доз фактическая урожайность зерна повышалась, таким образом, на варианте С, она составляла 5.27 т/га, что на 0.56 т/га больше чем на варианте В и на 2.43 т/га больше, чем на контрольном варианте. Наибольшая фактическая урожайность была получена на варианте D и составляла 5.75 т/га, что на 2.91 т/га больше относительно контрольного варианта. Таким образом, наибольшая фактическая урожайность в среднем за три года была получена на варианте D – 5.75 т/га.
2. Биологическая урожайность, как правило, всегда больше фактической. Таким образом на контрольном варианте в среднем за три года биологическая урожайность составляла 3.0 т/га, на варианте В биологическая урожайность была 4.91 т/га, вариант С – 5.48 т/га, а на варианте D была получена почти в двое больше урожайности относительно контроля – 5.99 т/га. Таким образом, наибольшая биологическая урожайность была получена на варианте D, где были использованы минеральные удобрения в дозах N90P60K120.
3. Содержание сырого протеина и клейковины в зерне озимой пшеницы являются важнейшими показателями, определяющие пригодность зерна на переработку в муку. В наших исследованиях, содержание этих показателей варьировались в зависимости от применяемых минеральных удобрений. Таким образом, содержание клейковины и протеина на варианте А в среднем за три года была 23.6% и 11.3% соответственно. Число падения на том же варианте составляла 208 с., в целом, зерно, полученное на варианте А отвечала требованиям 2-й группы качества. На варианте В содержание клейковины и сырого протеина было выше относительно контрольного варианта и составила 28.0% и 13.4% соответственно, число падения по Хигберту на данном варианте составило 217 с, зерно, полученное на варианте В, отвечает требования 1-й группы качества. На варианте С, мы получили клейковину и сырого протеина 28,2% и 13,5% соответственно, число падения на варианте С было 217 с, что соответствует требованиям 1-й группе качества. Лучшие показатели по содержанию клейковины и сырого протеина мы получили на варианте D, где показатели были следующие – 28,9% и 13,8% соответственно, число падения в данном варианте составляло 217 с, что, естественно, соответствует 1-й группе качества.
4. Масса 1000 семян и натура зерна также являются важными показателями качества зерна озимой пшеницы. Так, в наших исследованиях, на контрольном варианте мы получили 38.5 г в среднем за три года, на варианте В масса 1000 семян была выше относительно контроля на 8.1 г и составила 45.6 г. На варианте С, масса 1000 семян была выше относительно контроля на 8.6 г и относительно варианта В на 0.4 г и составила 46.0 г. Наибольшей массой 1000 семян обладали семена, полученные с варианта D, их масса составляла 52.6 г, что на 14.1 г больше относительно контрольного варианта, на 7.0 г больше относительно варианта В, на 6.6 г больше варианта С. Таким образом, масса

1000 семян по вариантам опыта варьировалась с 38,5 г до 52,6 г. Натура зерна также варьировалась в зависимости от применяемых удобрений с 744 г/л до 780 г/л. Таким образом средняя натура зерна за три года исследований на контрольном варианте составила 744 г/л, на варианте В натура зерна была выше на 19 г и составляла 763 г/л. На варианте С, натура зерна составляла 774 г/л, что на 30 г/л выше относительно контрольного варианта. Самая высокая натура зерна была получена на варианте D – 780 г/л, что на 36 г больше относительно контрольного варианта. Таким образом, вариант D, является наилучшим из всех исследуемых вариантам по таким показателям, как масса 1000 семян, по натуре зерна в г/л, по содержанию клейковины и сырого протеина.

5. На контрольном варианте мы получили урожайность зерна в среднем 3,0 т/га, валовый доход с реализации по 10000 руб/т составил 30000 тыс. руб. производственные затраты на контрольном варианте составили 15700 тыс. руб., при условно чистом доходе 14300 тыс. руб., рентабельность производства на контрольном варианте составляла 47,6%. На варианте В, мы получили урожайность 4,91 т/га, валовый доход с реализации продукции составил 49900 тыс. руб., производственные затраты на этом варианте были выше относительно контрольного варианта в связи с использованием удобрений и составили 25420 тыс. руб., условно чистый доход на данном варианте составлял 23700 тыс. руб. при рентабельности производства 48,2%. Вариант С выделялся урожайностью 5,48 т/га, валовый доход с реализации полученной продукции на этом варианте составлял 54800 тыс. руб., производственные затраты составили 26150 тыс. руб., а чистый дох с реализации зерна с этого варианта составил 28100 тыс. руб., при рентабельности 52,3%. На варианте D мы получили наибольшую среднюю за три года урожайность 5,99 т/га, валовый доход с реализации зерна составил 59900 тыс. руб., производственные затраты повысились за счет использования высоких доз минеральных удобрений и составили 273000 тыс. руб., а чистый доход 32600 тыс. руб., при рентабельности 54,4%. Таким образом, вариант D оказался лучше по всем показателям – по урожайности, качества и экономической эффективности производства.
6. Для получения сильного по качеству зерна озимой пшеницы на уровне 6,3 т/га, с массой 1000 зерен – 53,4 г и содержанием клейковины не менее 30,7 %, экономически рентабельной (54,7 %) является Вариант D.

Литература:

1. Ваулина Г.И. Эффективность минеральных удобрений и других средств химизации при возделывании разных сортов зерновых культур на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в условиях Центрального района Нечерноземной зоны: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук:06.01.04 / Ваулина Галина Ильинична. – Москва, 2007. – 46 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов - 5-е издание, дополненное и переработанное - Москва: Издательство Колос, 1985. - 321 с.
3. Личко Н.М. Производство продовольственной пшеницы в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / Н.М. Личко, Г.И. Ваулина, Е.А. Ростиков, С.Н. Коломиец // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2009. - №3. - С.46
4. Растениеводство / Г.С.Посыпанов, В.Е.Долгодворов, Г.В.Коренев; под ред. Посыпанова Г.С. – М.: Колос, 1997. – 448

5. Сорока С.В. Химическая прополка озимых зерновых культур в Белоруссии весной / С.В. Сорока, Л.И. Сорока // Защита и карантин растений. - 2010. - №3. - С.34-37.
6. Стебут И.А. Основы полевой культуры и меры к ее улучшению в России / И.А. Стебут – 1882
7. Тимощенко В.Т. Технология возделывания озимого и ярового тритикале. – Гродно: УО «ГГАУ», 2004. – 30 с.
8. Ториков В.Е. Влияние агроэкологических условий выращивания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В.Е. Ториков, И.И. Фокин // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. - 2010. - №4(2010). - С.35-44.
9. Тихонов Н.Н. Роль агротехнических приемов в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях лесостепи среднего Поволжья / Н.Н. Тихонов, И.А. Попова // В сборнике статей X международной научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы». – Пенза: Издательство Пензенской ГСХА, 2014. - С. 110-115.
10. Ториков В.Е. Технология возделывания озимой пшеницы / В.Е. Ториков. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 1995. – 160 с.

ФИЗИКА, ХИМИЯ

РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ РАЗРУШЕНИЯ ТЕТРАЗОЛЬНЫХ ЛИГАНДОВ В МОЛЕКУЛАХ ПЕРХЛОРАТОВ АММИНОТЕТРАЗОЛАТОВ КОБАЛЬТА (III)

Голубев Владимир Константинович

Кандидат физико-математических наук, доцент
Нижний Новгород; Университет Людвига-Максимилиана, Мюнхен
Независимый эксперт; приглашенный ученый

Ключевые слова: молекула; перхлорат; амминотетразолат кобальта(III); тетразольный лиганд; условия разрушения; разрыв N-N связи; энергетический барьер

Keywords: molecule; perchlorate; cobalt (III) amminotetrazolate; tetrazole ligand; conditions of destruction; N-N bond breaking; energy barrier

Аннотация: Приведены результаты расчетного определения условий разрушения тетразольных лигандов в молекулах перхлоратов (5-цианотетразолато-N2)пентаамминокобальта(III), (5-нитротетразолато-N2)пентаамминокобальта(III), цис-бис-(5-нитротетразолато-N2)тетраамминокобальта(III) и цис-бис-(1-метил-5-аминотетразолато-N3,N4)тетраамминокобальта(III). Разрушение осуществлялось путем растяжения и разрыва одной из N-N связей тетразольного кольца. Расчеты проводились с использованием квантово-химической программы Gaussian09 в рамках метода теории функционала плотности с использованием функционала B3LYP и базисных наборов электронных функций 3-21G и 6-31+G(d). Построены диаграммы растяжения выбранных связей, показаны структурные изменения в молекулах перхлоратов в процессе разрушения тетразольных колец. Намечено проведение дальнейших расчетов для уточнения первичных механизмов разложения

и относительной стойкости рассмотренных комплексных перхлоратов к интенсивным энергетическим воздействиям.

Abstract: The results of a calculated determination of the conditions for the destruction of tetrazole ligands in molecules of the perchlorates of (5-cyanotetrazolato-N₂)pentaamminocobalt(III), (5-nitrotetrazolato-N₂)pentaamminocobalt(III), cis-bis-(5-nitrotetrazolato-N₂)tetraamminocobalt(III) and cis-bis-(1-methyl-5-aminotetrazolato-N₃,N₄)tetraamminocobalt(III) are presented. The destruction was carried out by stretching and breaking one of the N-N bonds of the tetrazole ring. The calculations were carried out using the Gaussian09 program within the density functional theory method using the B3LYP functional and 3-21G and 6-31+G(d) basis sets of electronic functions. Stretching diagrams of the selected bonds are plotted, structural changes in perchlorate molecules in the process of destruction of tetrazole rings are shown. Further calculations are planned to clarify the primary mechanisms of decomposition and the relative resistance of the considered perchlorates to intense energetic impacts.

УДК 539.19+544.18

Введение

Светочувствительные инициирующие взрывчатые вещества (ВВ) к настоящему времени довольно широко изучены и нашли применение в ряде конкретных технических устройств гражданского и военного назначения. Разработаны различные типы оптических детонаторов и воспламенителей, предложены методы тестирования прочности материалов и стойкости конструкций при одновременном нагружении их поверхности большой площади продуктами взрыва тонких слоев светочувствительного взрывчатого вещества при лазерном инициировании [1-5].

Наиболее перспективные светочувствительные взрывчатые вещества создаются на основе энергонасыщенных комплексов перхлоратов металлов с тетразолами [6, 7]. Исследование синтеза и изучение свойств новых перспективных светочувствительных взрывчатых веществ проводится постоянно в лабораториях ряда стран. Однако физико-химические свойства многих светочувствительных металлокомплексов еще не в полной мере изучены. Использование методов квантово-химических расчетов изолированных молекул подобных комплексов в газовой фазе может быть полезным для изучения свойств таких веществ и получения новой количественной и качественной информации по этому вопросу [8, 9].

Автором проводилось изучение свойств ряда подобных веществ с использованием методов квантово-химических расчетов изолированных молекул [10-17]. Изучались такие комплексные перхлораты, как перхлорат (5-гидразинотетразол)ртути(II), перхлорат бис(3-гидразино-4-амино-1,2,3-триазол)меди(II), перхлорат (5-цианотетразolato-N²)пентаамминокобальта(III), перхлорат (5-нитротетразolato-N²)пентаамминокобальта(III), перхлорат цис-бис(5-нитротетразolato-N²)тетраамминокобальта(III) и перхлорат цис-бис(1-метил-5-аминотетразolato-N³,N⁴)кобальта(III). Расчеты выполнялись с использованием специализированной квантово-химической программы Gaussian версий 03 и 09. Первоначальное построение и оптимизация структур молекул проводились с использованием полуэмпирического метода PM3. Дальнейшее получение результатов проводилось в рамках метода теории функционала плотности (DFT) с использованием

комбинированного функционала B3LYP и ряда базисных наборов электронных функций, таких как 3-21G, 3-21G**, LANL2DZ, 6-31G(d), 6-31+G(d) и 6-31+G(d,p).

Для указанных светочувствительных ВВ определялись оптимальные с энергетической точки зрения структуры, определялись геометрические характеристики молекул, такие как взаимное расположение различных групп, длины связей, величины углов между связями. Для некоторых ВВ рассматривались несколько различных молекул-изомеров, различающихся пространственным расположением входящих в их структуру перхлорат-анионов. Для дальнейшего более детального изучения использовалась молекула-изомер, имеющая минимальное значение рассчитанной общей энергии. Общая энергия в конкретном случае представляла собой сумму электронной энергии и энергии нулевых колебаний молекулы. Наряду с общей энергией молекул рассчитывались и другие энергетические характеристики, характеризующие различные возможные аспекты их разложения, в частности, энергетические зазоры HOMO-LUMO, энергии атомизации, энергии диссоциации некоторых групп и отдельных атомов. Определялись также инфракрасные колебательные спектры молекул, которые могут в какой-то степени характеризовать их чувствительность к внешнему, особенно импульсному облучательному, воздействию. Основное внимание здесь уделялось динамике связей, ответственных за возможные механизмы разложения молекул. Проводился совместный анализ результатов, полученных для всех исследуемых таким образом светочувствительных комплексных перхлоратов. Было проведено сопоставление полученных результатов с отдельными известными экспериментальными и расчетными данными, полученными другими исследователями для ВВ этого класса. Отмечена определенная взаимосвязь полученных в работах расчетных свойств молекул с известными экспериментальными результатами по их инфракрасным спектрам и порогам инициирования лазерным излучением.

Согласно существующим представлениям [7, 18] на первой стадии термического распада у изученных к настоящему времени амминатов кобальта(III) происходит диссоциация молекул аммиака и их выход из внутренней сферы комплекса. Это приводит к запуску последующих процессов перестройки комплекса вплоть до его окончательного разложения. В то же время на основании результатов выполненных расчетов в работе [15] было сделано предположение, что первой стадией термического распада этих молекул может также быть открытие тетразольного кольца с последующим отрывом молекулы азота.

Полученные в работах [13, 15] ограниченные и выполненные с использованием малого базисного набора расчетные результаты не позволяют делать окончательные выводы о предпочтительности того или иного первичного механизма распада рассматриваемых комплексных перхлоратов в каждом конкретном случае. Чтобы более детально разобраться с этим вопросом требуется проведение ряда дополнительных расчетов и использование в расчетах более высокого уровня теории. Для этого, в качестве предварительной меры, необходимо более тщательное рассмотрение полученных ранее результатов с учетом подробного рассмотрения процесса этих начальных стадий распада рассматриваемых перхлоратов амминотетразолатов кобальта (III). Это перхлораты (5-цианотетразолато- N^2)пентаамминокобальта(III), (5-нитротетразолато- N^2)пентаамминокобальта(III), цис-бис-(5-нитротетразолато- N^2)тетраамминокобальта(III) и цис-бис(1-метил-5-аминотетразолато- N^3, N^4)тетраамминокобальта(III). В работе [17] краткие результаты подобного расчетного рассмотрения приведены для условий отрыва лигандов

аммиака от молекул этих перхлоратов. В данной работе такие же краткие результаты представляются для условий разрушения тетразольных лигандов.

Результаты расчетов

Квантово-химические расчеты процесса растяжения связей между атомами азота в тетразольных кольцах выполняли с использованием программы Gaussian 09 [19] в приближении теории функционала плотности с использованием гибридного функционала B3LYP. Для проведения сравнительных расчетов разрушения тетразольных колец применяли малый базисный набор 3-21G. Для рассмотрения исходных состояний молекул и дополнительных уточняющих расчетов процесса растяжения связей в тетразольных кольцах использовали более серьезный базисный набор 6-31+G(d). Диаграммы растяжения связей между атомами азота в тетразольных кольцах получали путем последовательного увеличения расстояния между этими атомами и последующего расчета электронной энергии молекулы в каждой точке диаграммы с учетом релаксации ее структуры. В последующем будем иметь в виду, что результаты, полученные с использованием базисного набора 6-31+G(d), приводятся с указанием этого базиса, а результаты, полученные с использованием базисного набора 3-21G, приводятся без указания базиса.

Оптимизированная с использованием базисного набора 6-31+G(d) структура молекулы CP показана на рис. 1. Длины связей между атомами в тетразольном кольце молекулы приведены в табл. 1. На рис. 2 приведена диаграмма растяжения наиболее длинной связи между атомами азота N8-N13 в тетразольном кольце молекулы CP, а на рис. 3 показана структура молекулы в процессе разрыва тетразольного кольца. Видно, что достигнутая степень растяжения нагружаемой связи приводит к существенному повреждению тетразольного кольца, однако существенного необратимого разрушения не происходит, так как отсутствует переход к какой-то иной структуре с соответствующей релаксацией растягивающего усилия.

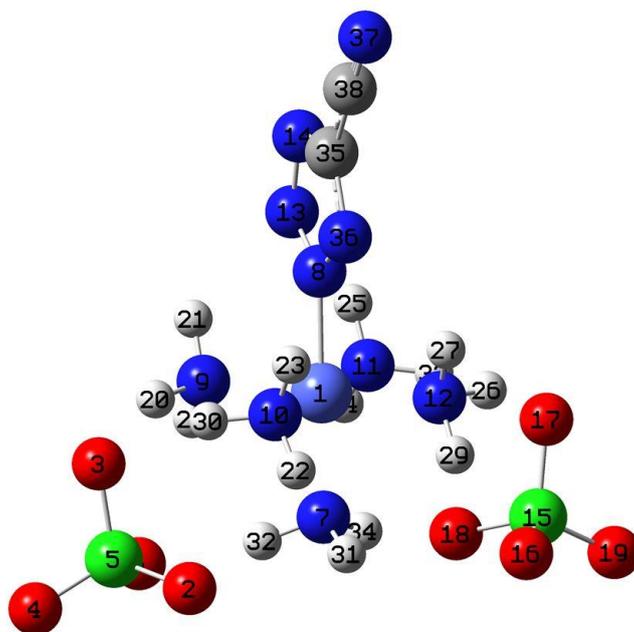


Рис. 1. Структура молекулы CP в исходном состоянии (6-31+G(d))

Табл. 1. Длины связей между атомами в тетразольном кольце молекулы CP (6-31+G(d))

N8-N13	N13-N14	N8-N36	N14-C35	N36-C35
1.32934	1.31894	1.32678	1.35103	1.34416

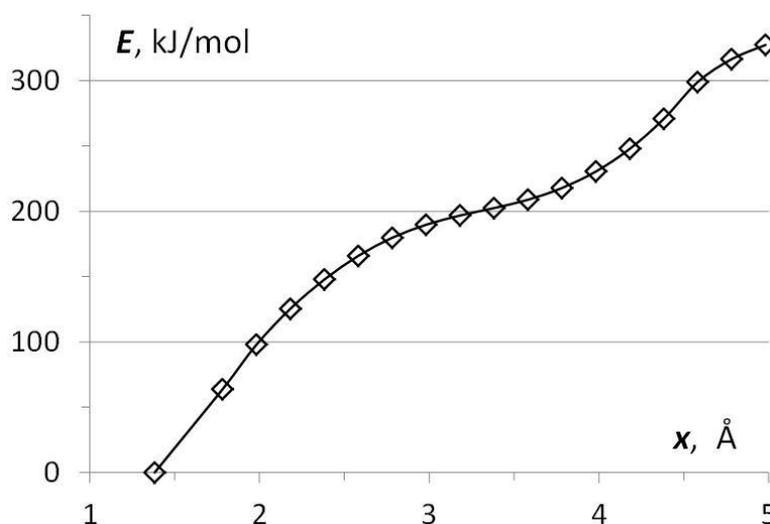
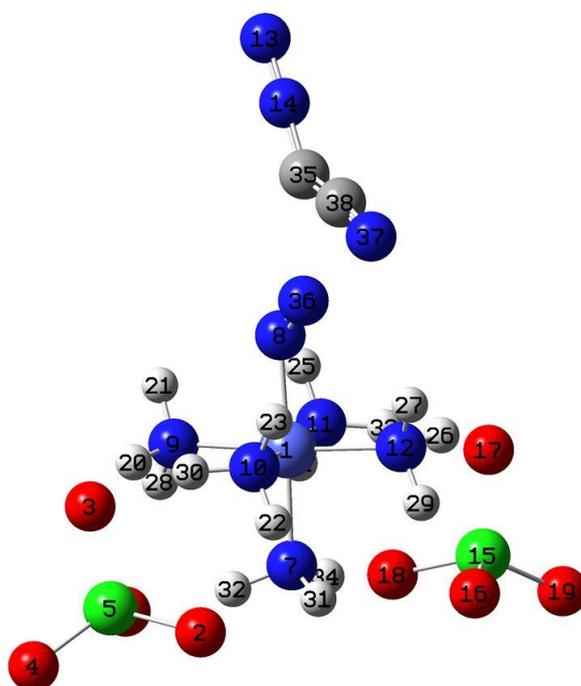


Рис. 2. Диаграмма растяжения связи N8-N13 в тетразольном кольце молекулы CP

Рис. 3. Структура молекулы CP в процессе разрыва тетразольного кольца по связи N8-N13 при $x = 4.98$ А

Оптимизированная с использованием базисного набора 6-31+G(d) структура молекулы NCP показана на рис. 4. Длины связей между атомами в тетразольном кольце молекулы приведены в табл. 2. На рис. 5 приведена диаграмма растяжения наиболее длинной связи между атомами азота N15-N16 в тетразольном кольце молекулы NCP, а на рис. 6 показана структура молекулы в результате разрыва тетразольного кольца. Видно, что подобная степень растяжения нагружаемой связи приводит к существенному разрушению тетразольного кольца, при котором происходит отрыв молекулы азота. В результате разрушения тетразольного кольца система переходит к иной, практически стабильной структуре с соответствующей релаксацией растягивающего усилия.

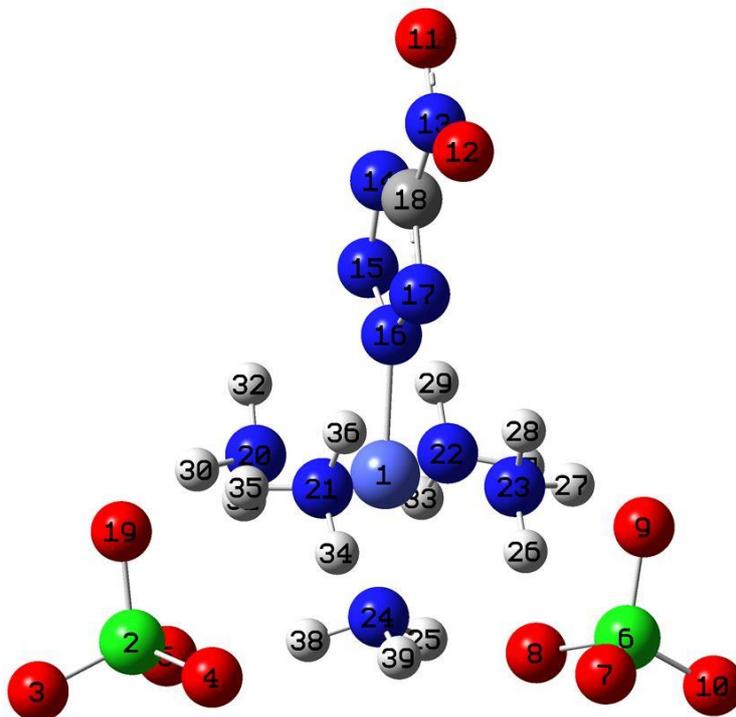


Рис. 4. Структура молекулы NCP в исходном состоянии (6-31+G(d)).

Табл. 2. Длины связей между атомами в тетразольном кольце молекулы NCP (6-31+G(d))

N16-N15	N15-N14	N16-N17	N14-C18	N17-C18
1.33474	1.31963	1.32449	1.33788	1.33340

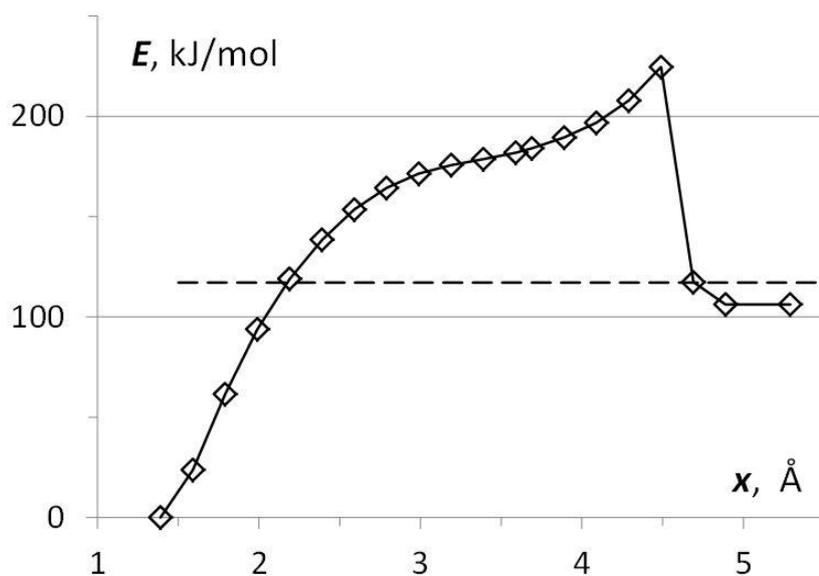


Рис. 5. Диаграмма растяжения связи N15-N16 в тетразольном кольце молекулы NCP

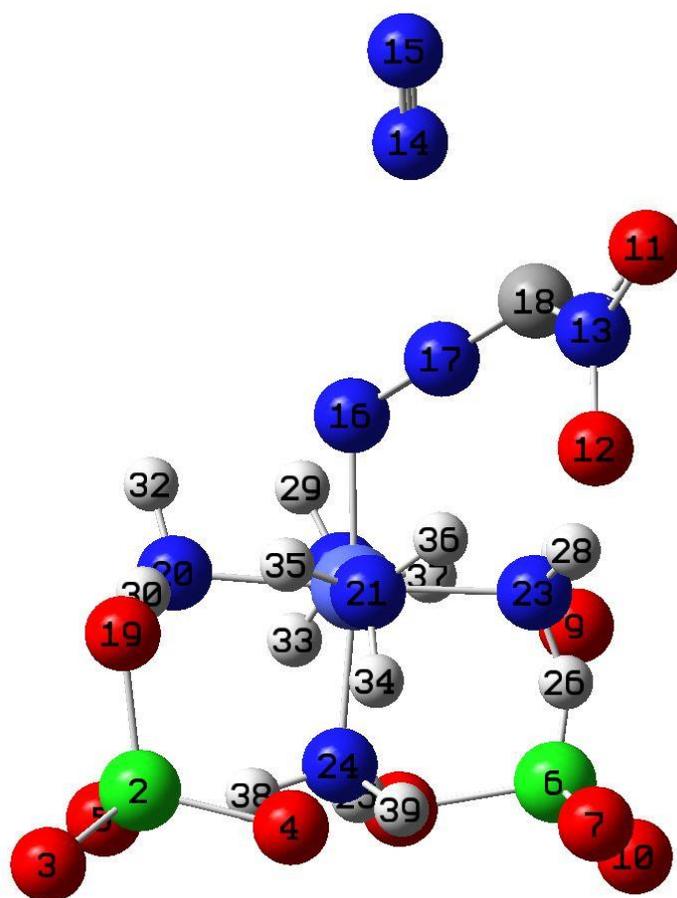


Рис. 6. Структура молекулы NCP после разрыва тетразольного кольца по связи N15-N16 при $x = 5.29 \text{ \AA}$

Оптимизированная с использованием базисного набора 6-31+G(d) структура молекулы BNCP показана на рис. 7. Длины связей между атомами в обоих тетразольных кольцах молекулы приведены в табл. 3. На рис. 8 приведена диаграмма растяжения наиболее длинной связи между атомами азота N12-N19 в одном из тетразольных колец молекулы BNCP, а на рис. 9 показана структура молекулы в результате разрыва этого тетразольного кольца. Видно, что подобная степень растяжения нагружаемой связи приводит к существенному разрушению тетразольного кольца, при котором происходит отрыв молекулы азота. В результате разрушения тетразольного кольца система переходит к иной, практически стабильной структуре с соответствующей релаксацией растягивающего усилия.

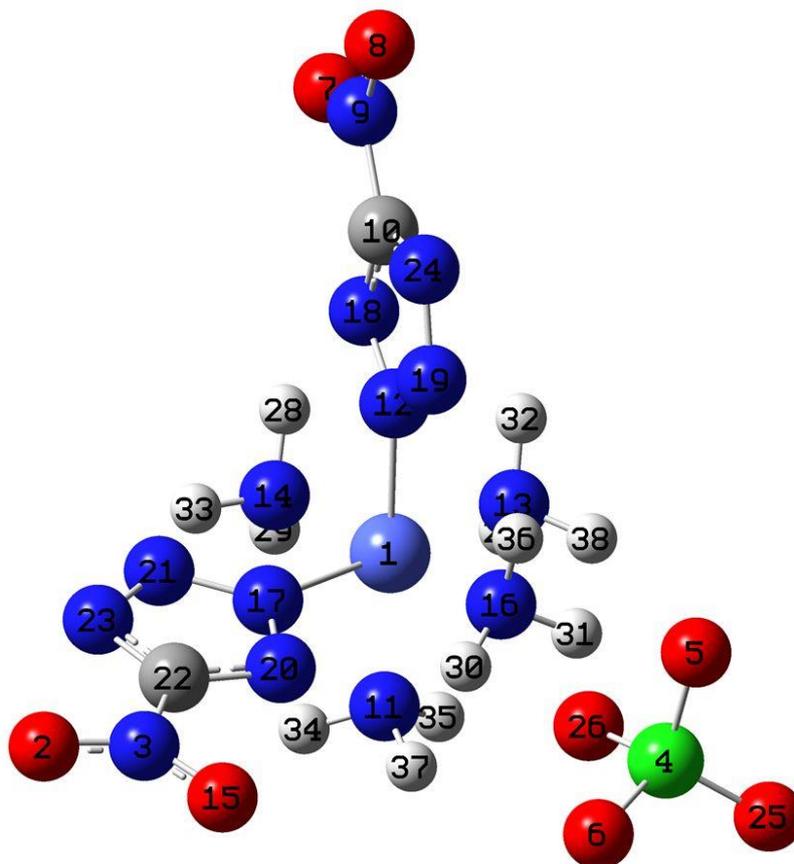


Рис. 7. Структура молекулы BNCP в исходном состоянии (6-31+G(d))

Табл. 3. Длины связей между атомами в тетразольных кольцах молекулы BNCP (6-31+G(d))

N12-N19	N19-N24	N12-N18	N24-C10	N18-C10
1.33302	1.31869	1.32687	1.33810	1.33198
N17-N21	N21-N23	N17-N20	N23-C22	N20-C22
1.33615	1.31733	1.32283	1.33886	1.33209

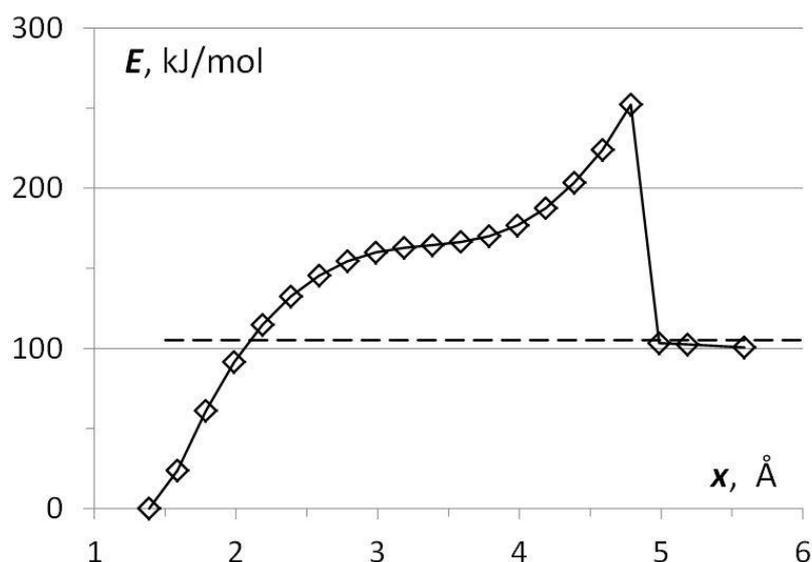


Рис. 8. Диаграмма растяжения связи N12-N19 в тетразольном кольце молекулы VNCP

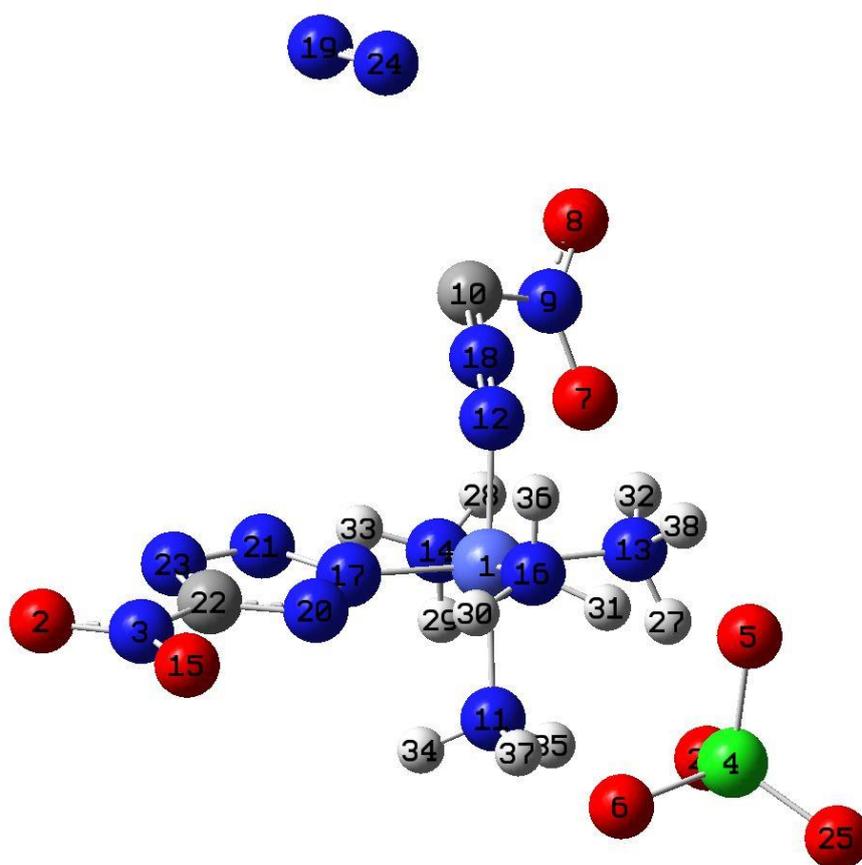


Рис. 9. Структура молекулы VNCP после разрыва тетразольного кольца по связи N12-N19 при $x = 5.59 \text{ \AA}$

Оптимизированная с использованием базисного набора 6-31+G(d) структура молекулы TCP показана на рис. 10. Длины связей между атомами в обоих тетразольных кольцах молекулы приведены в табл. 4. Для молекулы TCP рассмотрен разрыв четырех связей между молекулами азота, по две в каждом

тетразольном кольце. В одном из этих случаев наряду с расчетом в базисном наборе 3-21 G выполнен также расчет в базисном наборе 6-31+G(d).

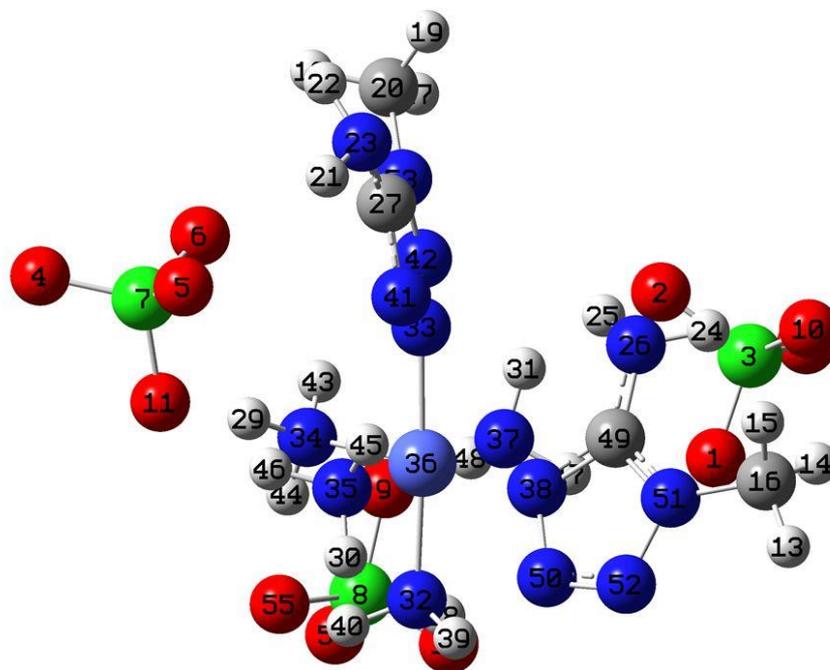


Рис. 10. Структура молекулы TCP в исходном состоянии (6-31+G(d))

Табл. 4. Длины связей между атомами в тетразольных кольцах молекулы TCP (6-31+G(d))

N33-N42	N42-N52	N33-N41	N53-C27	N41-C27
1.29300	1.34233	1.34069	1.35769	1.33074
N38-N50	N50-N52	N52-N51	N51-C49	N38-C49
1.36729	1.27647	1.35725	1.35229	1.34372

На рис. 11 приведена диаграмма растяжения наиболее длинной связи между атомами азота N38-N50 в расположенном на рис. 10 справа тетразольном кольце молекулы TCP, а на рис. 12 показана структура молекулы в результате разрыва этого тетразольного кольца. Видно, что подобная степень растяжения нагружаемой связи приводит к существенному разрушению тетразольного кольца, при котором происходит отрыв молекулы метилазида. В результате разрушения тетразольного кольца система переходит к иной стабильной структуре с соответствующей релаксацией растягивающего усилия.

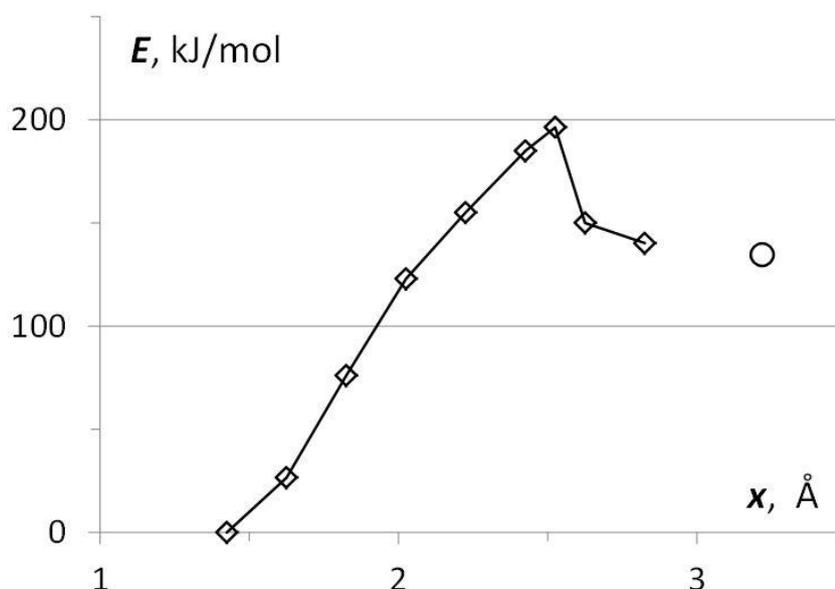


Рис. 11. Диаграмма растяжения связи N38-N50 в тетразольном кольце молекулы TCP. Кружок – стабильное состояние после разрыва тетразольного кольца

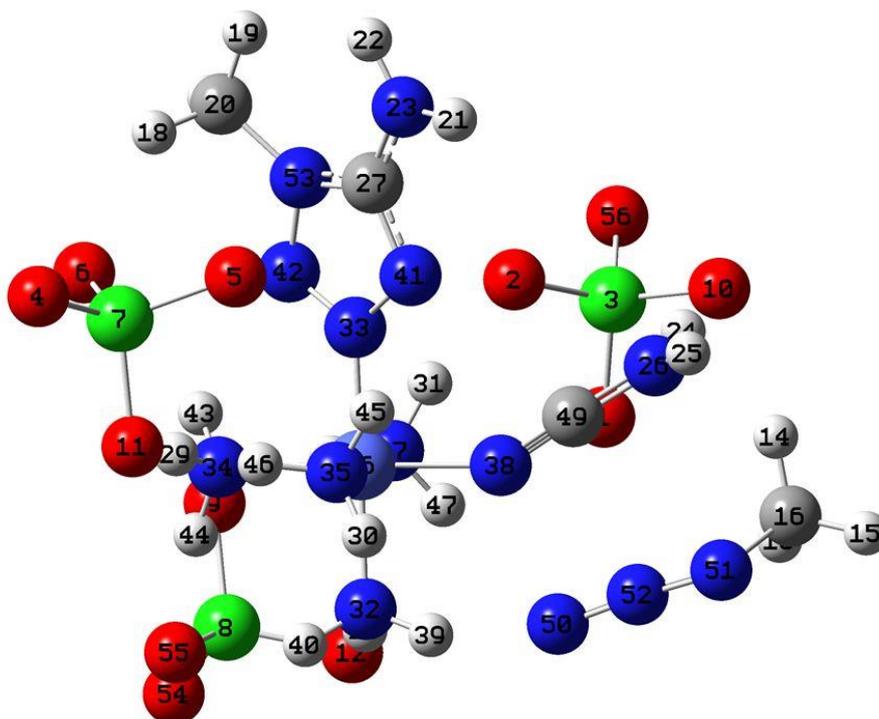


Рис. 12. Структура молекулы TCP после разрыва тетразольного кольца по связи N38-N50 при $x = 3.22 \text{ \AA}$

На рис. 13 приведена диаграмма растяжения наиболее длинной связи между атомами азота N38-N50 в расположенном на рис. 10 справа тетразольном кольце молекулы TCP, а на рис. 14 показана структура молекулы в результате разрыва этого тетразольного кольца. Расчет в данном случае выполнен с использованием

базисного набора 6-31+G(d). Видно, что подобная степень растяжения нагружаемой связи, как и в случае с базисным набором 3-21G, приводит к существенному разрушению тетразольного кольца, при котором происходит отрыв молекулы метилазида. В результате разрушения тетразольного кольца система переходит к иной стабильной структуре с соответствующей релаксацией растягивающего усилия. Следует отметить, что энергетический барьер реакции разрыва тетразольного кольца в этом случае составляет 241 кДж/моль, тогда как при использовании базисного набора 3-21G он был равен 196 кДж/моль.

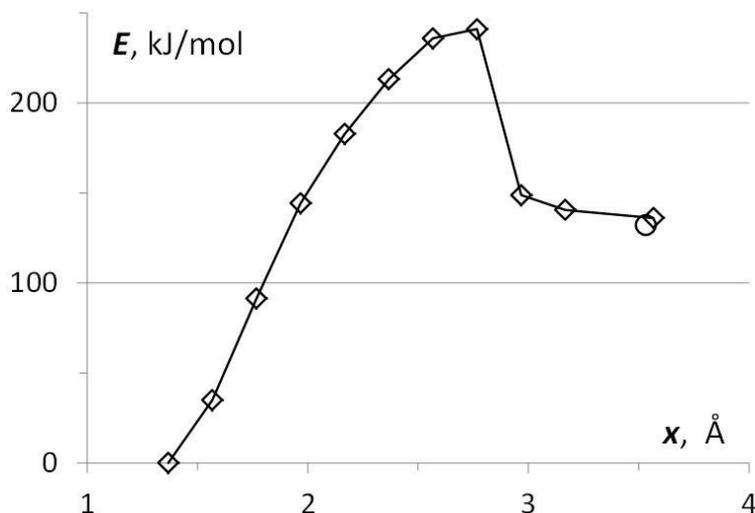


Рис. 13. Диаграмма растяжения связи N38-N50 в тетразольном кольце молекулы TCP (6-31+G(d)). Кружок – стабильное состояние после разрыва тетразольного кольца

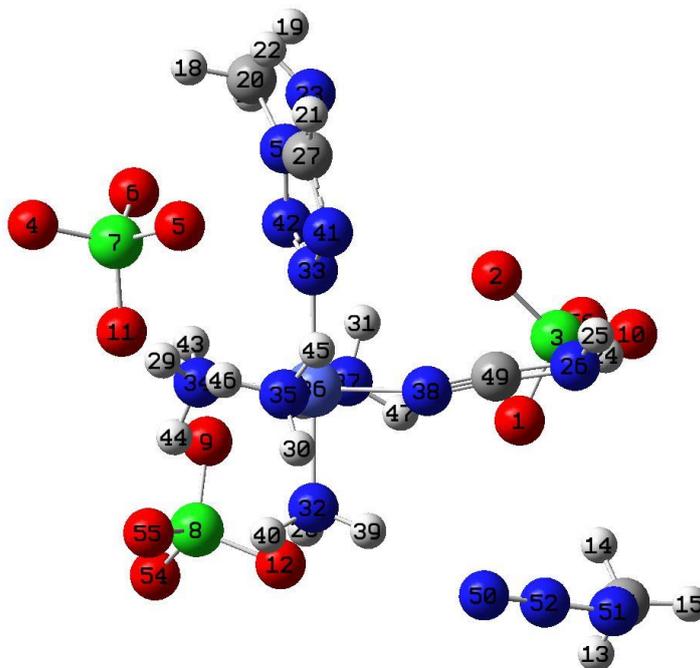


Рис. 14. Структура молекулы TCP после разрыва тетразольного кольца по связи N38-N50 при $x = 3.53$ Å (6-31+G(d))

На рис. 15 приведена диаграмма растяжения связи между атомами азота N51-N52 в расположенном на рис. 10 справа тетразольном кольце молекулы TCP, а на рис. 16 показана структура молекулы в результате разрыва этого тетразольного кольца. Видно, что подобная степень растяжения нагружаемой связи приводит к существенному разрушению тетразольного кольца, при котором происходит образование в структуре молекулы азидной группы. В результате разрушения тетразольного кольца молекула переходит к иной стабильной структуре с соответствующей релаксацией растягивающего усилия.

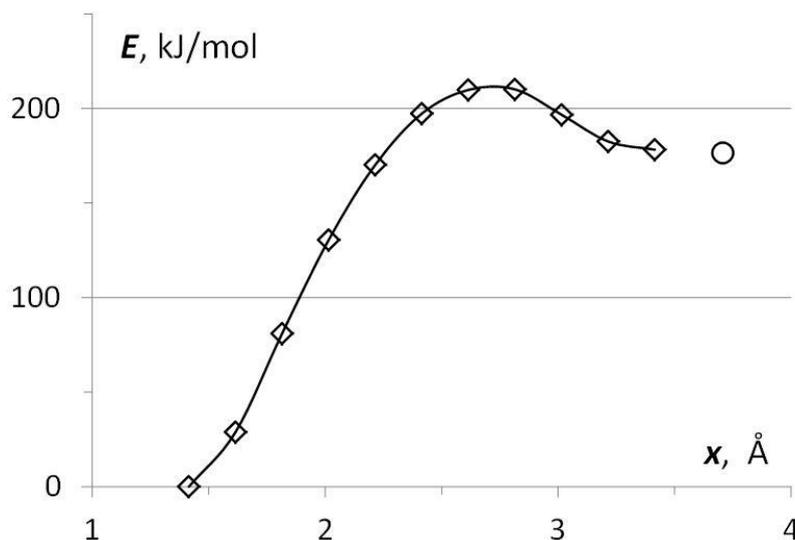


Рис. 15. Диаграмма растяжения связи N51-N52 в тетразольном кольце молекулы TCP. Кружок – стабильное состояние после разрыва тетразольного кольца

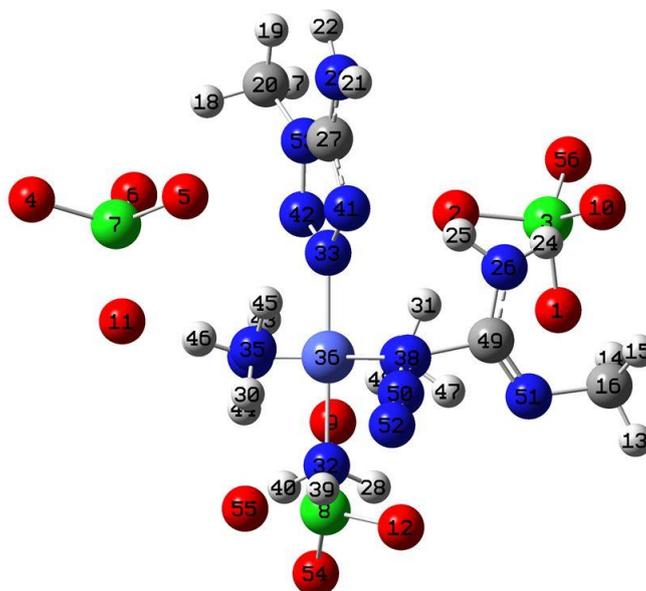


Рис. 16. Структура молекулы TCP после разрыва тетразольного кольца по связи N51-N52 при $x = 3.71 \text{ \AA}$

На рис. 17 приведена диаграмма растяжения связи между атомами азота N33-N41 в расположенном на рис. 10 сверху тетразольном кольце молекулы ТСР, а на рис. 18 показана структура молекулы в результате разрыва этого тетразольного кольца. Видно, что подобная степень растяжения нагружаемой связи приводит к существенному разрушению тетразольного кольца, при котором происходит отрыв молекулы цианамида. В результате разрушения тетразольного кольца система переходит к иной стабильной структуре с соответствующей релаксацией растягивающего усилия.

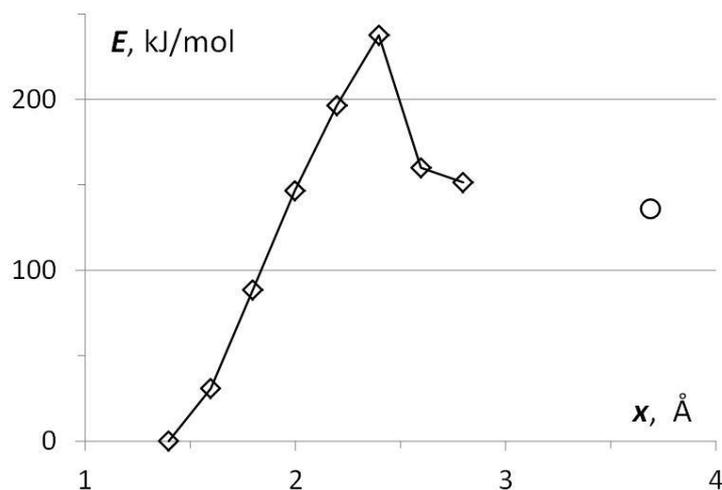


Рис. 17. Диаграмма растяжения связи N33-N41 в тетразольном кольце молекулы ТСР. Кружок – стабильное состояние после разрыва тетразольного кольца

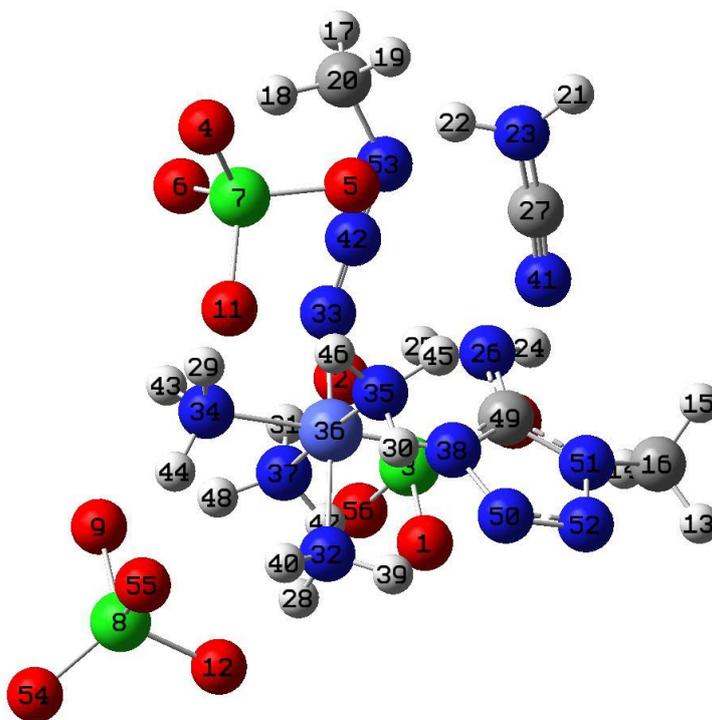


Рис. 18. Структура молекулы ТСР после разрыва тетразольного кольца по связи N33-N41 при $x = 3.69 \text{ \AA}$

На рис. 19 приведена диаграмма растяжения наиболее длинной связи между атомами азота N42-N53 в расположенном на рис. 10 сверху тетразольном кольце молекулы TCP, а на рис. 20 показана структура молекулы в результате разрыва этого тетразольного кольца. Видно, что подобная степень растяжения нагружаемой связи приводит к существенному разрушению тетразольного кольца с перестройкой его атомов. В результате разрушения тетразольного кольца система переходит к иной стабильной структуре с соответствующей релаксацией растягивающего усилия.

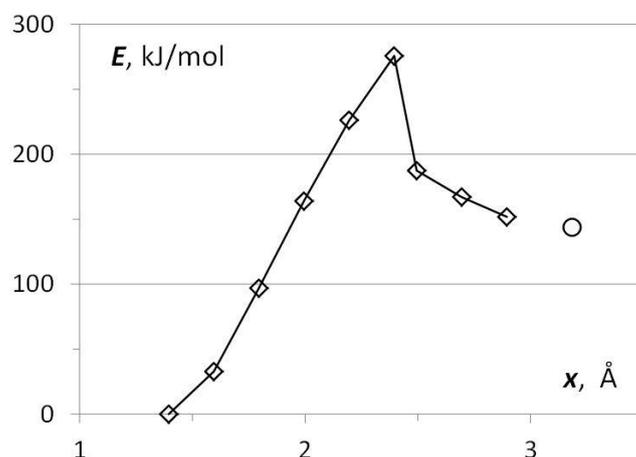


Рис. 19. Диаграмма растяжения связи N42-N53 в тетразольном кольце молекулы TCP. Кружок – стабильное состояние после разрыва тетразольного кольца

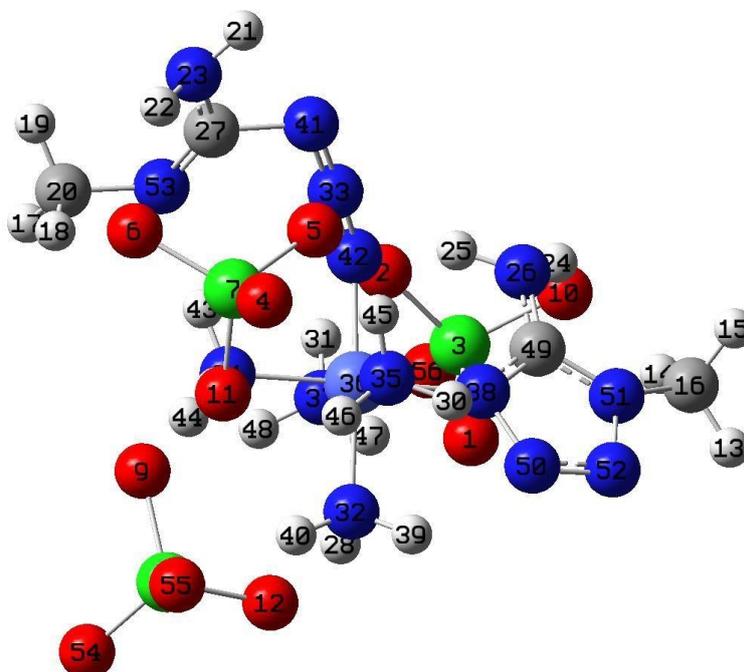


Рис. 20. Структура молекулы TCP после разрыва тетразольного кольца по связи N42-N53 при $x = 3.19 \text{ \AA}$

В табл. 5 указаны значения энергетических барьеров реакций разрушения тетразольных лигандов и энергии стационарных состояний образующихся после разрушения систем для молекул NCP, BNCP и TCP. Сразу же отметим, что молекулярные расчеты, выполненные с использованием малого базисного набора 3-21G, могут давать только качественные, но не количественные результаты для энергетических характеристик молекул. Их результаты могут быть использованы только в сопоставительных целях для первоначальных оценок.

Табл. 5. Энергетические барьеры реакции разрушения тетразольных лигандов и энергии стационарных состояний после разрушения

Bond	NCP		BNCP		TCP		
	N15-N16	N12-N19	N38-N50	N51-N52	N33-N41	N42-N53	N38-N50*
E_b	225	252	196	210	238	275	241
E_s	106	100	135	176	136	144	132

* Basis set 6-31+G(d)

Так вот в этом плане, основываясь на полученных расчетных значениях энергетических барьеров реакции разрушения тетразольных лигандов, можно очень условно наметить ряд стойкости рассмотренных комплексных перхлоратов к внешнему энергетическому воздействию. Он будет иметь следующий вид, начиная от более стойкого CP, и далее BNCP, NCP и TCP. В случае же рассмотрения расчетных значений энергетических барьеров реакции отрыва молекул аммиака [17], условный ряд стойкости рассмотренных комплексных перхлоратов к внешнему энергетическому воздействию будет иметь совершенно иной вид, а именно: TCP, CP, NCP и BNCP. Разброс результатов в этом случае значительно меньше, чем в случае разрыва тетразольных колец. Таковы результаты предварительных расчетных оценок, выполненных с использованием малого базисного набора 3-21G.

Однако, как известно, определенное доверие к результатам квантово-химических расчетов может быть проявлено только при использовании базисных наборов, начиная с 6-31G(d) и выше. А вот тут для имеющихся еще более ограниченных результатов проявляется уже совсем иная картина. Так энергетические барьеры для реакции отрыва молекул аммиака [17] в молекулах NCP и BNCP при использовании базисного набора 6-31+G(d) существенно ниже таковых, полученных при использовании базисного набора 3-21G. В то же время в данной работе получено, что энергетический барьер для реакции разрыва тетразольного кольца в молекуле TCP при использовании базисного набора 6-31+G(d) ощутимо выше барьера, полученного при использовании базисного набора 3-21G. Таким образом, окончательные выводы о реальных первичных механизмах разложения и об относительной стойкости рассмотренных перхлоратов амминотетразолатов кобальта (III) можно будет делать только после выполнения более полных расчетов этих молекул с использованием базисного набора не ниже 6-31+G(d). Подобная задача и будет рассмотрена в следующей работе этого направления.

Заключение

Выполнено расчетное определение условий разрушения тетразольных лигандов в молекулах перхлоратов (5-цианотетразолато- N^2)пентаамминокобальта(III) (вещество CP), (5-нитротетразолато- N^2)пентаамминокобальта(III) (вещество NCP), цис-бис-(5-

нитротетразолато-N²)тетраамминокобальта(III) (вещество BNCP) и цис-бис-(1-метил-5-аминотетразолато-N³,N⁴)тетраамминокобальта(III) (вещество TCP). Разрушение осуществлялось путем растяжения и разрыва одной из N-N связей тетразольного кольца. Расчеты проводились с использованием двух базисных наборов электронных функций, 3-21G и 6-31+G(d). Для первого из базисных наборов получены расчетные результаты для всех рассматриваемых молекул комплексных перхлоратов. Эти результаты позволяют выявить тенденцию снижения стойкости рассматриваемых молекул к разрыву тетразольного кольца, которая уменьшается от вещества CP к веществу TCP. Результат, полученный для одного из перхлоратов с использованием более полного и более точного базисного набора 6-31+G(d), довольно ощутимо отличается от результата, полученного с использованием малого базисного набора 3-21G. Это указывает на необходимость проведения всей серии выполненных и ряда дополнительных расчетов с использованием более точного базисного набора.

Литература:

1. Голубев В.К. Оптическое инициирование энергетических материалов // Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения. Сборник докладов VII научной конференции Волжского регионального центра РАН. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2012. – С. 607-619.
2. Golubev V.K. Optical initiation of energetic materials. Recent scientific investigations and technical applications // Proc. XV Int. Seminar "New Trends in Research of Energetic Materials". – Pardubice, Czech Republic, 2012. – P. 591-598.
3. Голубев В.К. Оптическое инициирование энергетических материалов в науке и технике // International Conference "Shock Waves in Condensed Matter". – Kiev: Interpress LTD, 2012. P. – 425-435.
4. Golubev V.K. Explosion action of a thin layer of light-sensitive explosive formulations on barriers // Proc. XVI Int. Seminar "New Trends in Research of Energetic Materials". – Pardubice, Czech Republic, 2013. – P. 625-637.
5. Голубев В. К. Воздействие взрыва слоя светочувствительного взрывчатого состава на заряд вторичного взрывчатого вещества [Электронный ресурс] // SCI-ARTICLE.RU. 2021. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1611530758> (дата обращения: 26.01.2021).
6. Ilyushin M.A. Coordination complexes as inorganic primary explosives / M.A Ilyushin, I.V. Tselinsky, I.A. Ugrumov, A.Yu. Zhilin, A.S. Kozlov // Proc. VI Int. Seminar "New Trends in Research of Energetic Materials". – Pardubice, Czech Republic, 2003. – P. 146-152.
7. Илюшин М.А., Шугалей И.В., Судариков А.М. Высокоэнергетические металлокомплексы. Синтез, свойства, применение. LAMBERT Academic Publishing, 2017. 268 с.
8. Shang J. First-principles study of energetic complexes (II): (5-cyanotetrazolato-N₂) pentaammine cobalt (III) perchlorate (CP) and Ni, Fe and Zn analogues / J. Shang, J.-G. Zhang, T.-L. Zhang, H.-S. Huang, S.-W. Zhang, Z.-N. Zhou // J. Mol. Model. – 2012. – Vol. 18, Iss. 6. – P. 2855-2860.
9. Shang J. Theoretical study of energetic complexes (III): Bis-(5-nitro-2H-tetrazolato-N₂)tetraammine Cobalt(III) Perchlorate (BNCP) and its transition metal (Ni/Fe/Cu/Zn) perchlorate analogues / J. Shang, J. Zhang, T. Zhang, H. Huang, S. Zhang, Y. Shu // Chin. J. Chem. – 2012. – Vol. 30, Iss. 7. – P. 1624-1630.
10. Голубев В.К. Квантово-химический расчет структуры, свойств и энергетики разложения молекул некоторых светочувствительных ВВ // Тезисы докладов международной конференции "IX Харитоновские научные чтения". – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2007. – С. 112-114.
11. Golubev V.K. Quantum-chemical calculations of properties of several light-sensitive

- molecular complexes // Proc. XI Int. Seminar "New Trends in Research of Energetic Materials". XXVIII Pardubice, Czech Republic, 2008. – P. 568-572.
12. Golubev V.K., Ilyushin M.A., Analysis of primary decomposition events in nitrotetrazolatoammines of cobalt // Proc. XIX Int. Seminar "New Trends in Research of Energetic Materials". – Pardubice, Czech Republic, 2016. – P. 535-545.
13. Голубев В.К. Некоторые свойства и взрывное воздействие на преграды светочувствительных взрывчатых веществ СР и ВНСР // Тезисы докладов XXVIII Симпозиума "Современная химическая физика". – Туапсе, 2016. – С. 187.
14. Голубев В.К., Илюшин М.А. Первичный механизм разложения нитротетразолатоамминов кобальта(III) // Журнал общей химии. – 2017. – Т. 87, вып. 2. – С. 312-318.
15. Golubev V.K., Ilyushin M.A. Molecular properties and primary decomposition mechanisms of several terazolatoammincobalt(III) perchlorates // Proc. XX Int. Seminar "New trends in research of energetic materials". – Pardubice. Czech Republic, 2017. – P. 580-591. – URL: <https://disk.yandex.ru/i/uLmFRhL0g6MHlg> (дата обращения: 15.11.2021).
16. Golubev V.K. Molecular and detonation properties of hexaammincobalt(III) and aquapentaammincobalt(III) perchlorates and nitrates // Proc. XXI Int. Seminar "New Trends in Research of Energetic Materials". – Pardubice, Czech Republic, 2018. – P. 587-599.
17. Голубев В. К. Расчетное определение условий отрыва молекул аммиака от молекул перхлоратов амминотетразолатов кобальта(III) [Электронный ресурс] // Sci-article.ru. 2021. – URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1623096986> (дата обращения: 09.06.2021).
18. Браун М, Доллимор Д., Галвей А. Реакции твердых тел. – М: Мир, 1983. 359 с.
19. Frisch M.J. Gaussian 09, Revision A1 / M.J. Frisch, G.W. Trucks, H.B. Schlegel, G.E. Scuseria, M.A. Robb, J.R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, B. Mennucci, G.A. Petersson, et al. – Wallingford, CT: Gaussian Inc., 2009.

МАТЕМАТИКА

АБСОЛЮТНАЯ И ФАКТИЧЕСКАЯ ЗАПОЛНЕННОСТЬ РАЗРЯДОВ ЧИСЕЛ

Харт Алекс

Индивидуальный предприниматель

Ключевые слова: позиционные системы счисления; заполненность разрядов; остатки от деления; теория чисел

Keywords: positional number systems; fullness of digits; residues from division; number theory

Аннотация: В данной работе даны определения понятиям абсолютной и фактической заполненности разрядов чисел при записи их в той или иной позиционной системе счисления и описан математический аппарат для расчета этих показателей. Предложен способ расположения чисел на плоскости с учетом заполненности их разрядов.

Abstract: This paper defines the concepts of absolute and actual fullness of digits of numbers when writing them in a particular positional number system and describes the mathematical apparatus for calculating these indicators. A method of arranging numbers on a plane is proposed, taking into account the fullness of their digits.

УДК 511

Введение

Человек пользуется числами для измерения чего-либо, наверное, с самого начала своего появления. С появлением письменности разные народы по-разному их обозначали. Единый способ записи чисел принятый в большинстве стран появился с распространением арабских цифр. Данная числовая система является позиционной десятичной системой счисления.

Актуальность

В настоящее время использование позиционных систем счисления для записи чисел практически безальтернативно. При этом в повседневной жизни используется вышеупомянутая десятичная система, а в вычислительной технике – двоичная система. Поэтому изучение свойств чисел связанных с их записью в той или иной системе оправдано.

Цели

Дать определение заполненности разрядов при записи чисел в той или иной позиционной системе счисления. Описать соответствующий математический аппарат для расчета ее показателей.

Научная новизна

В настоящее время существуют различные вариации и обобщения позиционных систем счисления. Например, позиционные системы с отрицательными, нецелочисленными, комплексными основаниями. Такое же свойство чисел, связанное с их записью в той или иной системе, как заполненность разрядов, однако, не изучалось.

С помощью чисел мы измеряем все. Чем больше число, тем больше **масштаб** того, что мы измеряем. Числовой ряд линеен:

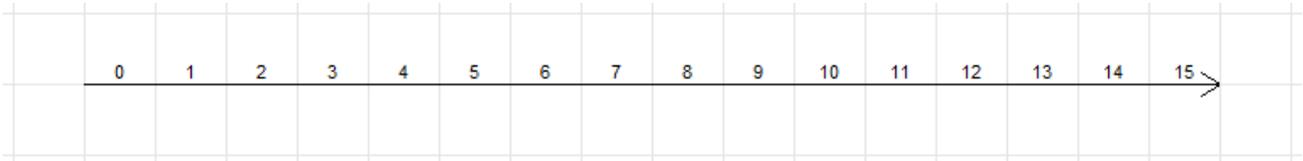


Рис. 1. Ряд неотрицательных целых чисел.

Числа обычно записывают в той или иной **позиционной системе счисления**, среди которых наиболее применяемой на практике является десятичная система. В мире вычислительной техники используется самая простая двоичная система.

В позиционных системах счисления по мере последовательного увеличения числа 0 на 1, как известно, заполнение разрядов идет **циклично**. Например, в десятичной системе разряды заполняются цифрами от 0 до 9, и далее, достигнув цифры 9, при дальнейшем увеличении тот или иной разряд обнуляется, увеличивая на 1 вышестоящий разряд.

Таким образом, **с помощью записи чисел в определенных системах счисления не только масштаб чего-либо мы можем оценить, но и какую-то еще характеристику**. Например, если мы с помощью чисел измеряем время, то этой дополнительной характеристикой может стать та же цикличность.

Предположим мы измеряем время в годах, и каждые 3 года у нас год считается юбилейным. В этом случае, записывая число лет в троичной системе счисления, мы сразу видим, на что оканчивается данное число. Если оно оканчивается на 0, то год юбилейный. Т.е. в этом случае характеристика года будет представлять собой просто **остаток от деления** на число 3.

Для приведенного выше примера удобно записывать числа не линейно в ряд, а с учетом цикличности на плоскости как показано на рис. 2.

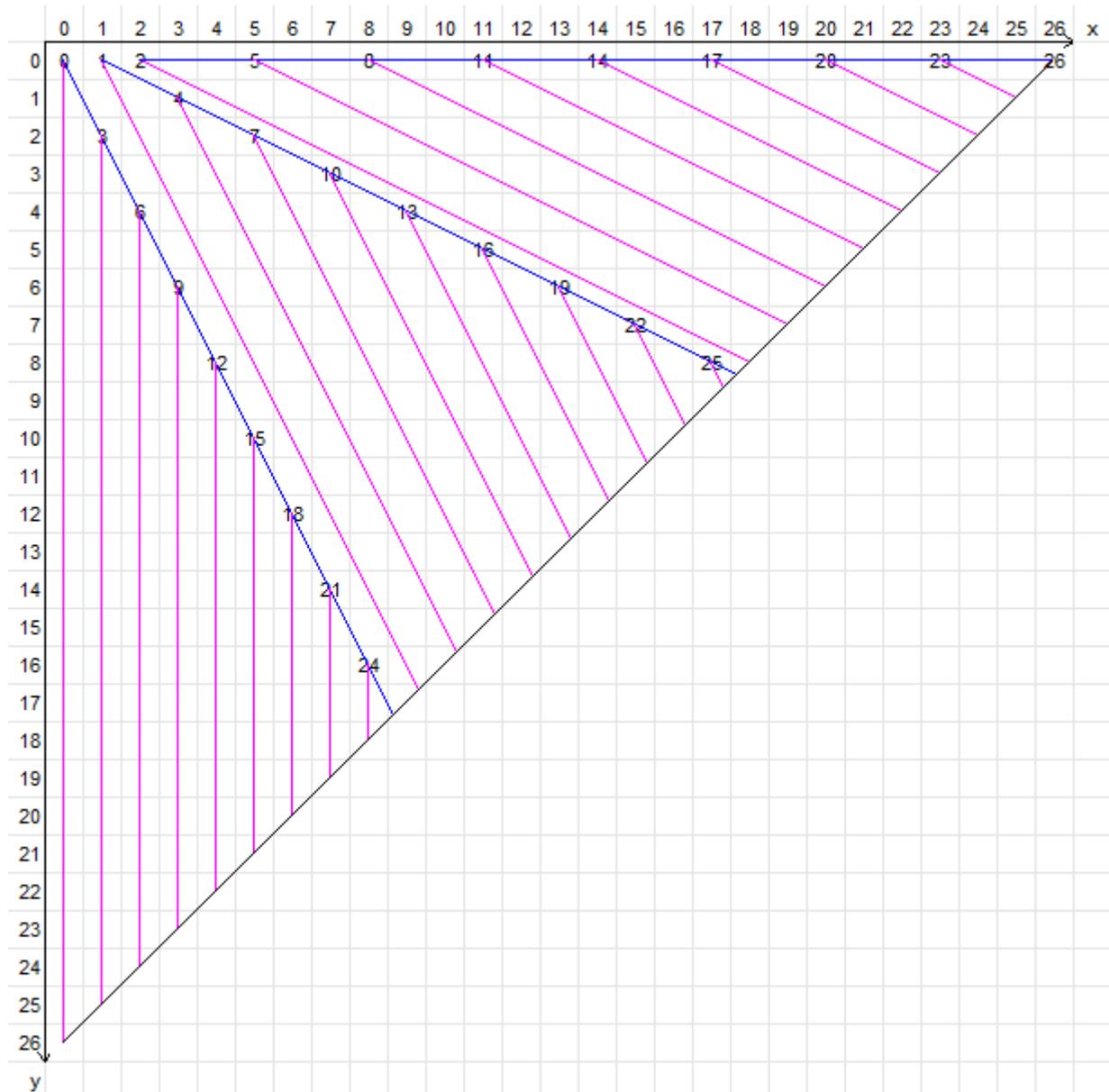


Рис. 2. Расположение чисел на плоскости с учетом цикличности равной 3.

Цикличность расположения чисел на данном рисунке хорошо видна, если их соединить такими линиями:

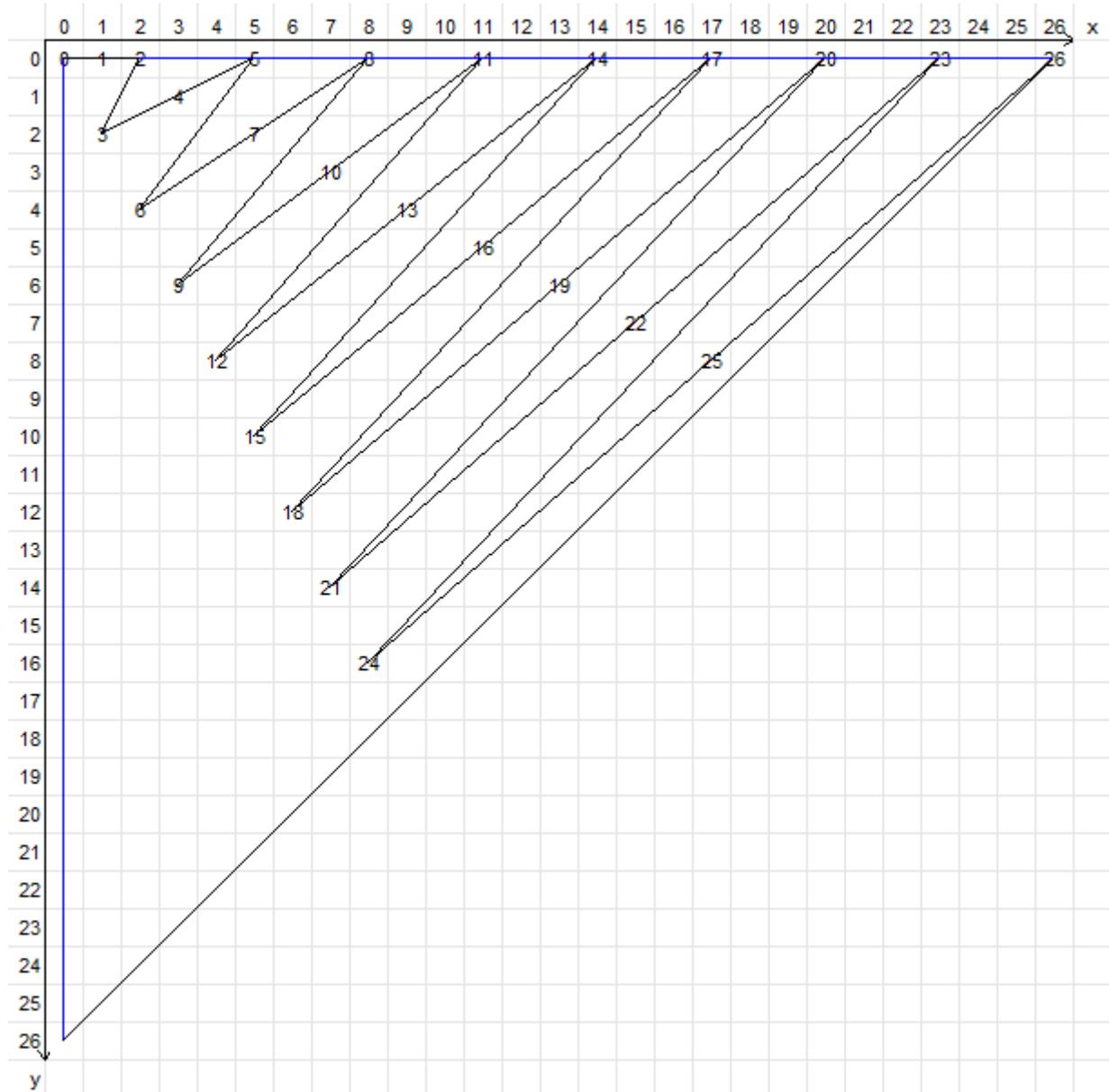


Рис. 2а. Расположение чисел на плоскости с учетом цикличности равной 3.

При этом линейность чисел при таком их расположении сохраняется:

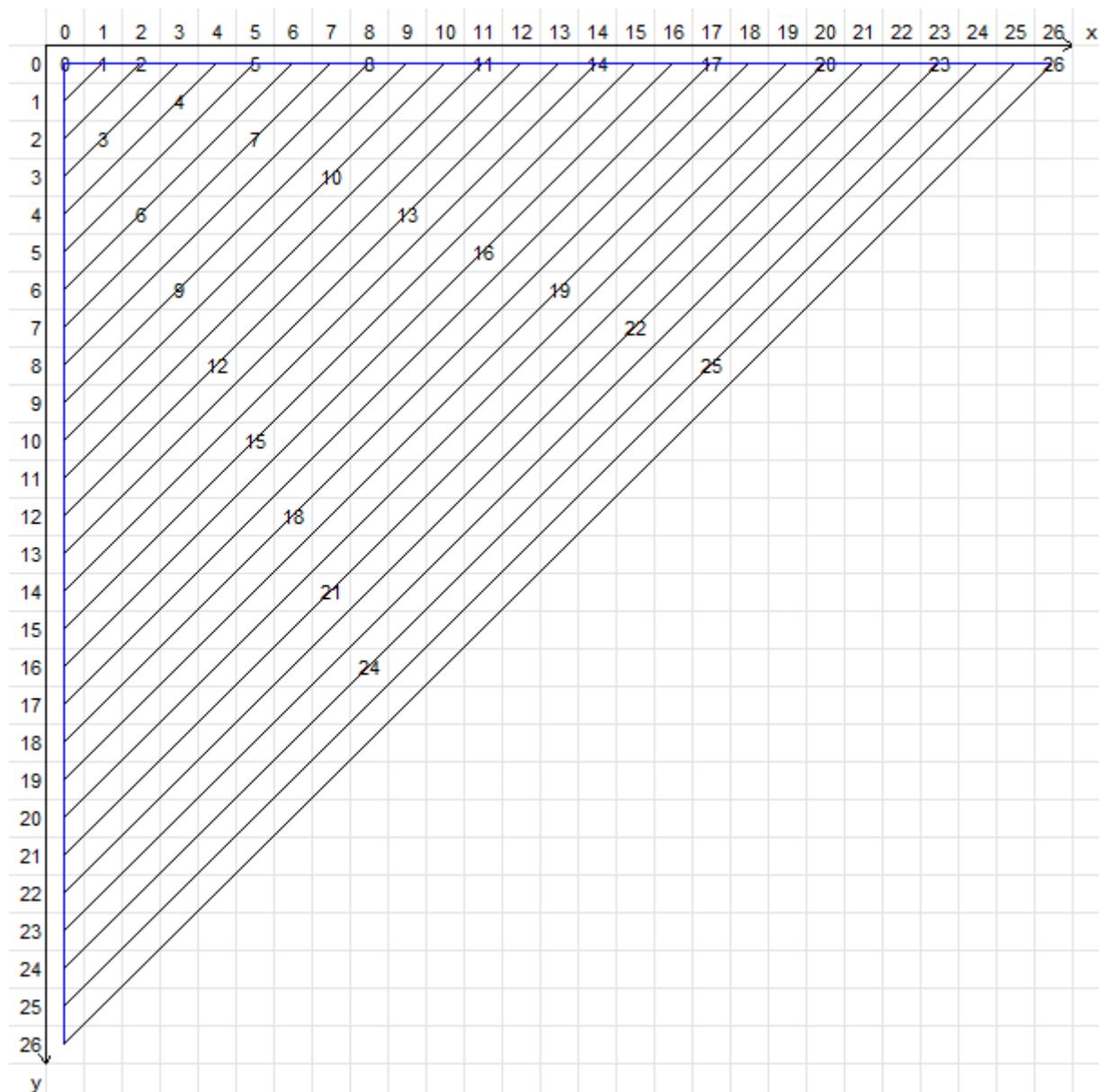


Рис. 26. Расположение чисел на плоскости с учетом цикличности равной 3.

В общем случае, когда мы измеряем масштаб чего-то, то эту дополнительную характеристику удобно измерять в **процентах**. В случае использования 3-х бальной шкалы (троичная система счисления, остаток от деления на 3 может быть равен 0, 1 или 2) понятно, что для остатка от деления равного 0 характеристика в процентах должна быть в интервале 0% - 33.33%, для остатка равного 1 – 33.33% - 66.67%, для остатка равного 2 – 66.67% - 100%.

Процентный интервал значений нашей дополнительной характеристики, по сути, показывает, на сколько **заполнен** 1-ый разряд соответствующего числа записанного в троичной системе. (Понятно, что этот 1-ый разряд равен остатку от деления исходного числа на число 3.) Мы приходим к понятию **заполненности разрядов**.

Из приведенных выше трех интервалов процентов меньший процент назовем **процентом (минимальной) фактической заполненности** разряда 1, а

большой процент назовем **процентом максимальной фактической заполненности** разряда 1.

На рис. 2 каждое число имеет фиолетовую и синюю линии. **Наклон фиолетовой линии представляет собой не что иное, как процент минимальной фактической заполненности, а наклон синей – процент максимальной фактической заполненности.**

Помимо фактической заполненности существует еще **абсолютная заполненность**. Это координаты числа на плоскости изображенной на рис. 2.

Для любого числа на рис. 2 выполняется равенство:

$$\text{Число} = \text{Координата «х» (АЗ)} + \text{Координата «у» (АН)} \quad (1)$$

где АЗ – абсолютная заполненность числа; АН – абсолютная незаполненность числа.

Таким образом, процент абсолютной заполненности числа можно определить по формуле:

$$\%АЗ = \text{Координата «х» (АЗ)} / \text{Число} * 100\% \quad (2)$$

где АЗ – абсолютная заполненность; %АЗ – процент абсолютной заполненности.

Приведем данные рис. 2 в виде таблицы:

Таблица 1. Абсолютные и фактические показатели заполненности разряда 1 чисел в троичной системе.

Число	В троичной системе	Знаменатель, = 3	Фактическая заполненность, = Остаток от деления	Фактическая незаполненность, = (3) – (4)	% фактической заполненности минимальной, = (4) / (3) * 100%	% фактической заполненности максимальной, = ((4) + 1) / (3) * 100%	Абсолютная заполненность, = х	Абсолютная незаполненность, = у = (1) – (8)	% абсолютной заполненности, = (8) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
0	0	3	0	3	0	33,33	0	0	Любой
1	1	3	1	2	33,33	66,67	1	0	100
2	2	3	2	1	66,67	100	2	0	100
3	10	3	0	3	0	33,33	1	2	33,33
4	11	3	1	2	33,33	66,67	3	1	75
5	12	3	2	1	66,67	100	5	0	100
6	20	3	0	3	0	33,33	2	4	33,33
7	21	3	1	2	33,33	66,67	5	2	71,43
8	22	3	2	1	66,67	100	8	0	100
9	100	3	0	3	0	33,33	3	6	33,33
10	101	3	1	2	33,33	66,67	7	3	70
11	102	3	2	1	66,67	100	11	0	100
12	110	3	0	3	0	33,33	4	8	33,33
13	111	3	1	2	33,33	66,67	9	4	69,23
14	112	3	2	1	66,67	100	14	0	100
15	120	3	0	3	0	33,33	5	10	33,33
16	121	3	1	2	33,33	66,67	11	5	68,75
17	122	3	2	1	66,67	100	17	0	100
18	200	3	0	3	0	33,33	6	12	33,33
19	201	3	1	2	33,33	66,67	13	6	68,42
20	202	3	2	1	66,67	100	20	0	100
21	210	3	0	3	0	33,33	7	14	33,33
22	211	3	1	2	33,33	66,67	15	7	68,18
23	212	3	2	1	66,67	100	23	0	100
24	220	3	0	3	0	33,33	8	16	33,33
25	221	3	1	2	33,33	66,67	17	8	68
26	222	3	2	1	66,67	100	26	0	100

Как мы писали выше, наклон фиолетовой линии представляет собой процент минимальной фактической заполненности. Если линия будет исходить из точки (0, 0), то она пройдет через точку (фактическая заполненность, фактическая незаполненность). Наклон синей линии представляет собой процент максимальной фактической заполненности. Если линия будет исходить из точки (0, 0), то она пройдет через точку (фактическая заполненность + 1, фактическая незаполненность – 1).

Из таблицы видно, что процент абсолютной заполненности всегда больше или равен проценту максимальной фактической заполненности. При этом справедливы следующие формулы:

$$\%ФЗ_{\text{макс}} = (\text{Остаток} + 1) / 3 * 100\% \quad (3)$$

где %ФЗ_{макс} – процент максимальной фактической заполненности.

$$\%АЗ = ((\text{Остаток} + 1) / 3 + (2 * \text{Остаток} - \text{Остаток}^2) / 3 / \text{Число}) * 100\% \quad (4)$$

где %АЗ – процент абсолютной заполненности.

Из формул видно, что в случае остатка равного 0 и 2 процент абсолютной заполненности должен быть равен проценту максимальной фактической заполненности, что видно из таблицы 1. А в случае остатка равного 1 процент абсолютной заполненности должен быть больше процента максимальной фактической заполненности, что также видно из таблицы 1.

Выше мы приводили пример измерения времени в годах, и каждый третий год считался юбилейным. Но цикличность времени на этом не исчерпывается. Ведь каждые 9 лет можно считать, что год является юбилейным вдвойне. В этом случае если записывать число лет в троичной системе, юбилейный вдвойне год будет иметь два 0 в конце троичной записи. При этом **большой приоритет будет иметь 1-ый разряд**, так как если он не равен 0, то год в принципе не будет юбилейным, даже если 2-ой разряд будет равен 0.

Для приведенного примера с двойной цикличностью (по 3 года и по 9 лет) можно разместить соответствующим образом числа на плоскости, как показано на рис. 3.

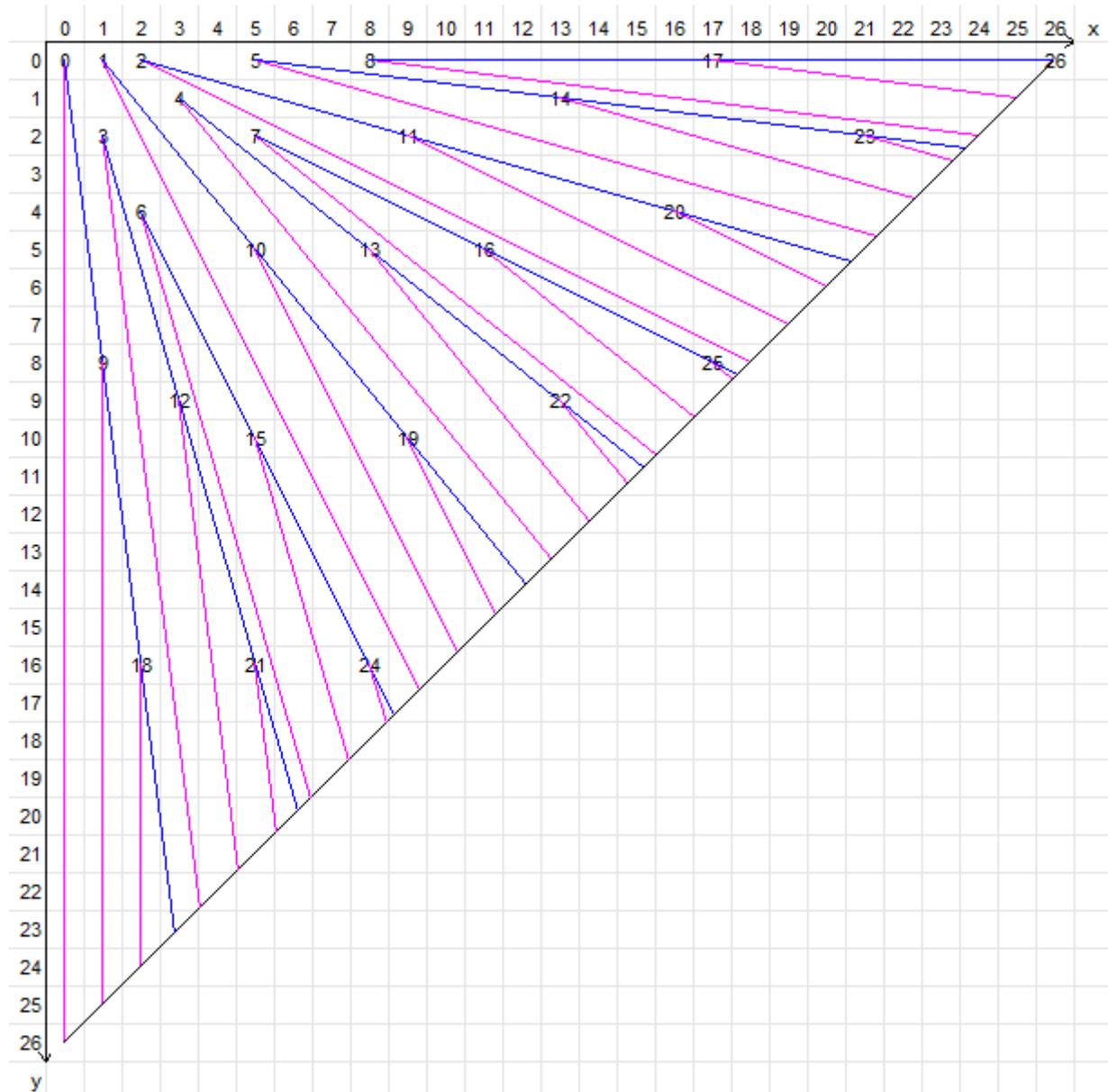


Рис. 3. Расположение чисел на плоскости с учетом двойной цикличности равной 3 и 9.

Сравнивая рис. 2 и рис. 3 можно видеть, что абсолютные и фактические показатели заполненности изменились (изменилось расположение чисел и наклон линий). Потому что рис. 2 отображает только заполненность 1-го разряда, а рис. 3 – заполненность разрядов 1 и 2.

Приведем данные рис. 3 в виде таблицы:

Таблица 2. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов 1 и 2 чисел в троичной системе.

Число	В троичной системе	Знаменатель, = 9	Фактическая заполненность, = 3 * Разряд 1 + Разряд 2	Фактическая незаполненность, = (3) – (4)	% фактической заполненности минимальной, = (4) / (3) * 100%	% фактической заполненности максимальной, = ((4) + 1) / (3) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (8)	% абсолютной заполненности, = (8) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
0	0	9	0	9	0	11,11	0	0	Любой
1	1	9	3	6	33,33	44,44	1	0	100
2	2	9	6	3	66,67	77,78	2	0	100
3	10	9	1	8	11,11	22,22	1	2	33,33
4	11	9	4	5	44,44	55,56	3	1	75
5	12	9	7	2	77,78	88,89	5	0	100
6	20	9	2	7	22,22	33,33	2	4	33,33
7	21	9	5	4	55,56	66,67	5	2	71,43
8	22	9	8	1	88,89	100	8	0	100
9	100	9	0	9	0	11,11	1	8	11,11
10	101	9	3	6	33,33	44,44	5	5	50
11	102	9	6	3	66,67	77,78	9	2	81,82
12	110	9	1	8	11,11	22,22	3	9	25
13	111	9	4	5	44,44	55,56	8	5	61,54
14	112	9	7	2	77,78	88,89	13	1	92,86
15	120	9	2	7	22,22	33,33	5	10	33,33
16	121	9	5	4	55,56	66,67	11	5	68,75
17	122	9	8	1	88,89	100	17	0	100
18	200	9	0	9	0	11,11	2	16	11,11
19	201	9	3	6	33,33	44,44	9	10	47,37
20	202	9	6	3	66,67	77,78	16	4	80
21	210	9	1	8	11,11	22,22	5	16	23,81
22	211	9	4	5	44,44	55,56	13	9	59,09
23	212	9	7	2	77,78	88,89	21	2	91,3
24	220	9	2	7	22,22	33,33	8	16	33,33
25	221	9	5	4	55,56	66,67	17	8	68
26	222	9	8	1	88,89	100	26	0	100

Логика заполнения данной таблицы абсолютно такая же, как логика заполнения таблицы 1. Только в таблице 2 приведены данные по заполненности двух разрядов: 1-го и 2-го.

Из таблицы 2 видно, что процент абсолютной заполненности также всегда больше или равен проценту максимальной фактической заполненности.

Как мы понимаем, приведенная выше цикличность времени по 3 года и по 9 лет может быть продолжена до бесконечности. Т.е. к ней можно добавить цикличность по 27, 81, 243, 729 лет и т.д. Соответственно чем больше размер цикла, тем меньше он имеет приоритет, так как если по циклу меньшего размера год не является юбилейным на своем уровне, то тем более он не будет юбилейным для всех циклов большего размера. Например, 738 год (в троичной системе 1000100) будет юбилейным только до уровня 2, до цикла равного 9 годам ($9 = 3^2$).

Если продолжить цикличность до бесконечности, то, как уже понятно, на рисунке аналогичном рис. 2 и рис. 3 для всех чисел синие линии сольются воедино с соответствующими фиолетовыми линиями. Поэтому для расчета показателей заполненности всех разрядов логику построения синих линий (и расчета процента максимальной фактической заполненности) мы немного изменим. Они будут определяться не для бесконечного цикла, а для ближайшего к каждому числу цикла. Например, для числа 2 ближайший цикл равен 3, для числа 5 ближайший цикл равен 9, для числа 18 ближайший цикл равен 27 и т.д.

Расположим числа на плоскости с учетом цикличности всех разрядов.

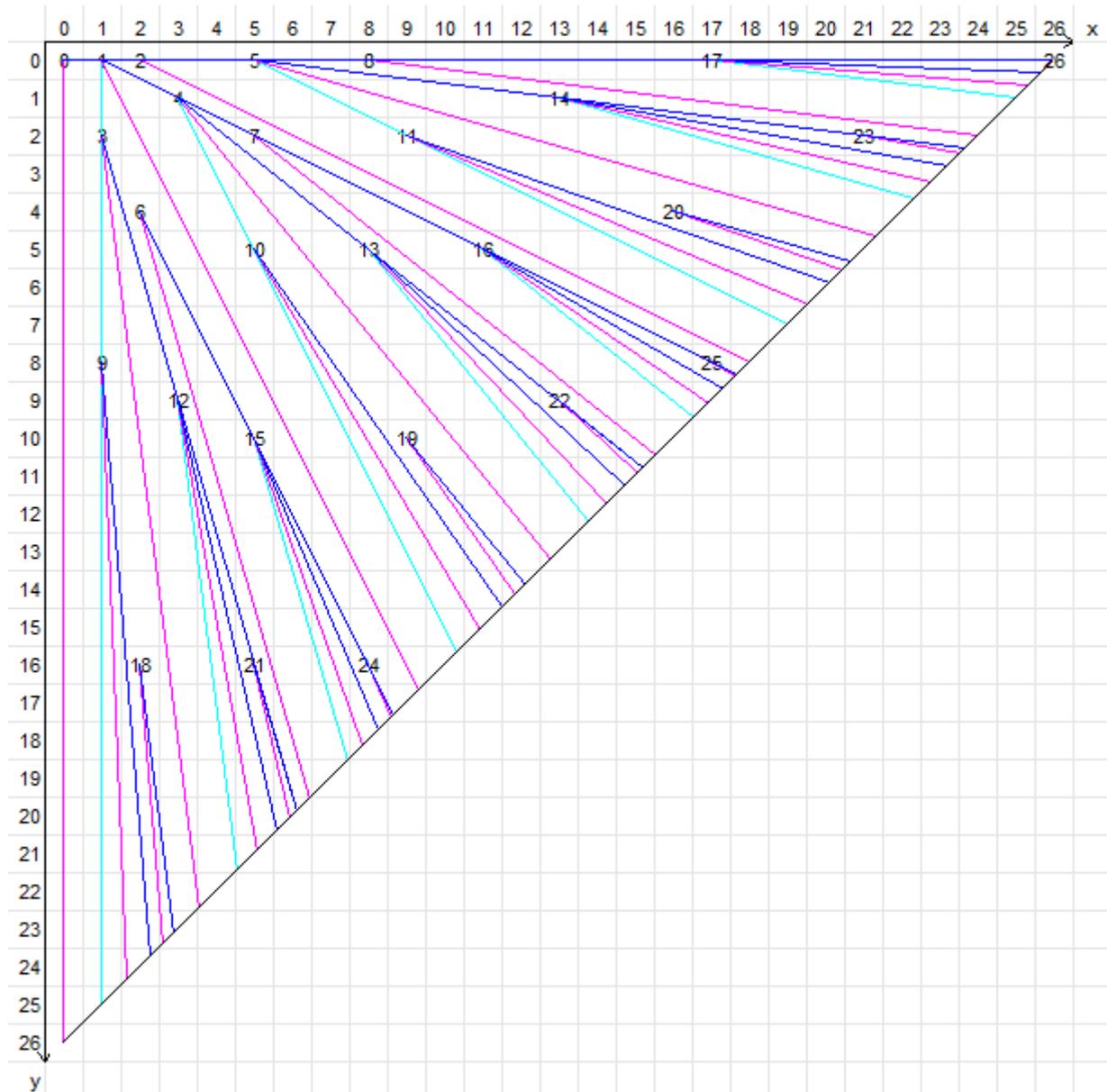


Рис. 4. Расположение чисел на плоскости с учетом цикличности всех разрядов.

Как видно из рисунка, из каждого числа исходит по две линии: фиолетовая и синяя, наклон которых, как и ранее, соответствует процентам минимальной и максимальной фактической заполненности разрядов. (Если из числа исходят две синие линии, то линией, наклон которой соответствует проценту максимальной фактической заполненности, является линия, которая ближе по своему наклону к оси «у».)

Область плоскости ограниченной углом образованным фиолетовой и синей линиями какого-либо числа можно условно назвать «**границей**» данного числа. При этом в отличие от рис. 2 и 3 на рис. 4 правее любой фиолетовой линии параллельно ей идет голубая линия. В области расположенной между этими параллельными линиями чисел быть не может. Можно условно назвать область, ограниченную голубой и синей линиями, границей соответствующего числа не включая само это число. А область, ограниченную фиолетовой и синей линиями, – границей соответствующего числа включая само это число.

Например, для числа 0 синяя линия проходит через числа 0 и 26, голубая линия – через числа 1 и 9. Для числа 1 синяя линия проходит через числа 1 и 25, голубая линия – через числа 4 и 10.

Приведем данные рис. 4 в таблице:

Таблица 3. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в троичной системе.

Число	В троичной системе	Знаменатель, = Ближайшая степень числа 3	Фактическая заполненность, = Результат переворота троичной записи	Фактическая незаполненность, = (3) – (4)	% фактической заполненности минимальной, = (4) / (3) * 100%	% фактической заполненности максимальной, = ((4) + 1) / (3) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (8)	% абсолютной заполненности, = (8) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
0	0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	3	1	2	33,33	66,67	1	0	100
2	2	3	2	1	66,67	100	2	0	100
3	10	9	1	8	11,11	22,22	1	2	33,33
4	11	9	4	5	44,44	55,56	3	1	75
5	12	9	7	2	77,78	88,89	5	0	100
6	20	9	2	7	22,22	33,33	2	4	33,33
7	21	9	5	4	55,56	66,67	5	2	71,43
8	22	9	8	1	88,89	100	8	0	100
9	100	27	1	26	3,7	7,41	1	8	11,11
10	101	27	10	17	37,04	40,74	5	5	50
11	102	27	19	8	70,37	74,07	9	2	81,82
12	110	27	4	23	14,81	18,52	3	9	25
13	111	27	13	14	48,15	51,85	8	5	61,54
14	112	27	22	5	81,48	85,19	13	1	92,86
15	120	27	7	20	25,93	29,63	5	10	33,33
16	121	27	16	11	59,26	62,96	11	5	68,75
17	122	27	25	2	92,59	96,3	17	0	100
18	200	27	2	25	7,41	11,11	2	16	11,11
19	201	27	11	16	40,74	44,44	9	10	47,37
20	202	27	20	7	74,07	77,78	16	4	80
21	210	27	5	22	18,52	22,22	5	16	23,81
22	211	27	14	13	51,85	55,56	13	9	59,09
23	212	27	23	4	85,19	88,89	21	2	91,3
24	220	27	8	19	29,63	33,33	8	16	33,33
25	221	27	17	10	62,96	66,67	17	8	68
26	222	27	26	1	96,3	100	26	0	100

Как мы писали выше, приоритет разрядов уменьшается при переходе от 1-го ко 2-му, 3-му и т.д. И несложно догадаться, что фактическая заполненность всех разрядов того или иного числа в троичной системе **будет равна результату переворота** его троичной записи (колонка 4 таблицы 3).

Из таблицы 3 видно, что процент абсолютной заполненности также всегда больше или равен проценту максимальной фактической заполненности.

Расположить числа на плоскости с учетом заполненности их разрядов можно легко с помощью метода показанного на рис. 5.

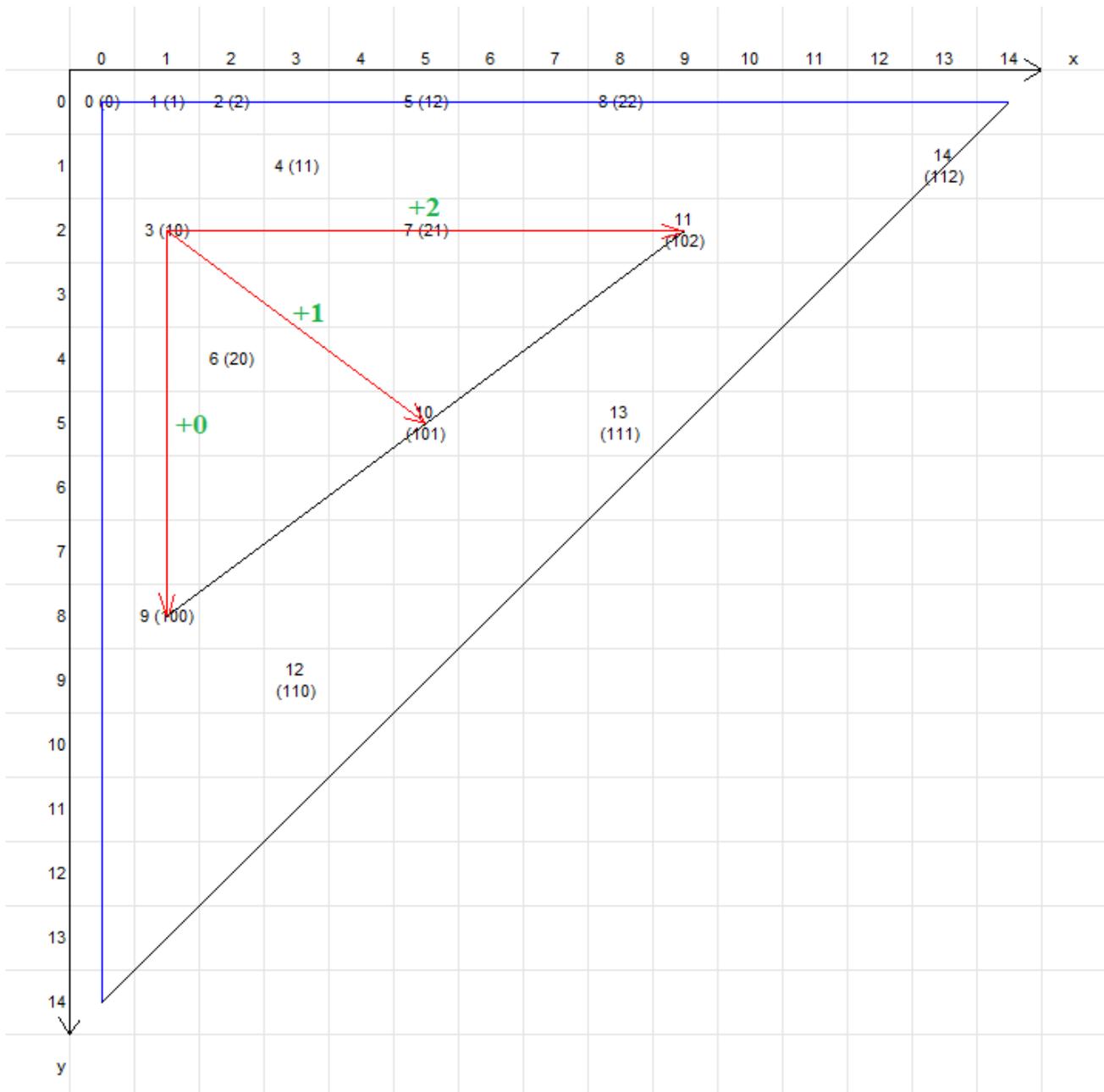


Рис. 5. Метод расположения чисел на плоскости с учетом заполненности их разрядов.

Как видно из рисунка, расположить все числа на плоскости можно рекуррентно. Добавление в конец троичной записи какого-либо числа цифры 0 располагает полученное таким способом новое число относительно исходного по вертикали ниже до такого «у», чтобы выполнялось равенство $x + y = \text{Число}$. Добавление в конец троичной записи какого-либо числа цифры 2 располагает полученное таким способом новое число относительно исходного по горизонтали правее до такого «х», чтобы также выполнялось написанное выше равенство. Добавление в конец троичной записи какого-либо числа цифры 1 располагает полученное таким способом новое число ровно посередине между числами, полученными путем добавления цифр 0 и 2.

Выше мы рассматривали понятия абсолютной и фактической заполненности разрядов на примере троичной системы счисления. Очевидно, эти понятия применимы для любой позиционной системы счисления начиная с двоичной и выше. Приведем в таблицах данные по абсолютным и фактическим показателям заполненности разрядов для систем начиная с двоичной и до десятичной.

Таблица 12. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в 10-ной системе.

Число	В 10-ной системе	Уровень	Знаменатель, = 10 ⁽³⁾	Фактическая заполненность	Фактическая незаполненность, = (4) – (5)	% фактической заполненности мин., = (5) / (4) * 100%	% фактической заполненности макс., = ((5) + 1) / (4) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (9)	% абсолютной заполненности, = (9) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	1	10	1	9	10	20	1	0	100
2	2	1	10	2	8	20	30	2	0	100
3	3	1	10	3	7	30	40	3	0	100
4	4	1	10	4	6	40	50	4	0	100
5	5	1	10	5	5	50	60	5	0	100
6	6	1	10	6	4	60	70	6	0	100
7	7	1	10	7	3	70	80	7	0	100
8	8	1	10	8	2	80	90	8	0	100
9	9	1	10	9	1	90	100	9	0	100
10	10	2	100	1	99	1	2	1	9	10
11	11	2	100	11	89	11	12	3	8	27,27
12	12	2	100	21	79	21	22	5	7	41,67
13	13	2	100	31	69	31	32	7	6	53,85
14	14	2	100	41	59	41	42	9	5	64,29
15	15	2	100	51	49	51	52	11	4	73,33
16	16	2	100	61	39	61	62	13	3	81,25
17	17	2	100	71	29	71	72	15	2	88,24
18	18	2	100	81	19	81	82	17	1	94,44
19	19	2	100	91	9	91	92	19	0	100
20	20	2	100	2	98	2	3	2	18	10
21	21	2	100	12	88	12	13	5	16	23,81
22	22	2	100	22	78	22	23	8	14	36,36
23	23	2	100	32	68	32	33	11	12	47,83
24	24	2	100	42	58	42	43	14	10	58,33
25	25	2	100	52	48	52	53	17	8	68
26	26	2	100	62	38	62	63	20	6	76,92
27	27	2	100	72	28	72	73	23	4	85,19
28	28	2	100	82	18	82	83	26	2	92,86

Таблица 4. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в 2-ной системе.

Число	В 2-ной системе	Уровень	Знаменатель, = 2 ⁽³⁾	Фактическая заполненность	Фактическая незаполненность, = (4) – (5)	% фактической заполненности мин., = (5) / (4) * 100%	% фактической заполненности макс., = ((5) + 1) / (4) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (9)	% абсолютной заполненности, = (9) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	1	2	1	1	50	100	1	0	100
2	10	2	4	1	3	25	50	1	1	50
3	11	2	4	3	1	75	100	3	0	100
4	100	3	8	1	7	12,5	25	1	3	25
5	101	3	8	5	3	62,5	75	4	1	80
6	110	3	8	3	5	37,5	50	3	3	50
7	111	3	8	7	1	87,5	100	7	0	100
8	1000	4	16	1	15	6,25	12,5	1	7	12,5
9	1001	4	16	9	7	56,25	62,5	6	3	66,67
10	1010	4	16	5	11	31,25	37,5	4	6	40
11	1011	4	16	13	3	81,25	87,5	10	1	90,91
12	1100	4	16	3	13	18,75	25	3	9	25
13	1101	4	16	11	5	68,75	75	10	3	76,92
14	1110	4	16	7	9	43,75	50	7	7	50
15	1111	4	16	15	1	93,75	100	15	0	100
16	10000	5	32	1	31	3,13	6,25	1	15	6,25
17	10001	5	32	17	15	53,13	56,25	10	7	58,82
18	10010	5	32	9	23	28,13	31,25	6	12	33,33
19	10011	5	32	25	7	78,13	81,25	16	3	84,21
20	10100	5	32	5	27	15,63	18,75	4	16	20
21	10101	5	32	21	11	65,63	68,75	15	6	71,43
22	10110	5	32	13	19	40,63	43,75	10	12	45,45
23	10111	5	32	29	3	90,63	93,75	22	1	95,65
24	11000	5	32	3	29	9,38	12,5	3	21	12,5
25	11001	5	32	19	13	59,38	62,5	16	9	64
26	11010	5	32	11	21	34,38	37,5	10	16	38,46
27	11011	5	32	27	5	84,38	87,5	24	3	88,89
28	11100	5	32	7	25	21,88	25	7	21	25

Таблица 5. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в 3-ной системе.

Число	В 3-ной системе	Уровень	Знаменатель, = 3 ⁽³⁾	Фактическая заполненность	Фактическая незаполненность, = (4) – (5)	% фактической заполненности мин., = (5) / (4) * 100%	% фактической заполненности макс., = ((5) + 1) / (4) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (9)	% абсолютной заполненности, = (9) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	1	3	1	2	33,33	66,67	1	0	100
2	2	1	3	2	1	66,67	100	2	0	100
3	10	2	9	1	8	11,11	22,22	1	2	33,33
4	11	2	9	4	5	44,44	55,56	3	1	75
5	12	2	9	7	2	77,78	88,89	5	0	100
6	20	2	9	2	7	22,22	33,33	2	4	33,33
7	21	2	9	5	4	55,56	66,67	5	2	71,43
8	22	2	9	8	1	88,89	100	8	0	100
9	100	3	27	1	26	3,7	7,41	1	8	11,11
10	101	3	27	10	17	37,04	40,74	5	5	50
11	102	3	27	19	8	70,37	74,07	9	2	81,82
12	110	3	27	4	23	14,81	18,52	3	9	25
13	111	3	27	13	14	48,15	51,85	8	5	61,54
14	112	3	27	22	5	81,48	85,19	13	1	92,86
15	120	3	27	7	20	25,93	29,63	5	10	33,33
16	121	3	27	16	11	59,26	62,96	11	5	68,75
17	122	3	27	25	2	92,59	96,3	17	0	100
18	200	3	27	2	25	7,41	11,11	2	16	11,11
19	201	3	27	11	16	40,74	44,44	9	10	47,37
20	202	3	27	20	7	74,07	77,78	16	4	80
21	210	3	27	5	22	18,52	22,22	5	16	23,81
22	211	3	27	14	13	51,85	55,56	13	9	59,09
23	212	3	27	23	4	85,19	88,89	21	2	91,3
24	220	3	27	8	19	29,63	33,33	8	16	33,33
25	221	3	27	17	10	62,96	66,67	17	8	68
26	222	3	27	26	1	96,3	100	26	0	100
27	1000	4	81	1	80	1,23	2,47	1	26	3,7
28	1001	4	81	28	53	34,57	35,8	11	17	39,29

Таблица 6. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в 4-ной системе.

Число	В 4-ной системе	Уровень	Знаменатель, = 4 ⁽³⁾	Фактическая заполненность	Фактическая незаполненность, = (4) – (5)	% фактической заполненности мин., = (5) / (4) * 100%	% фактической заполненности макс., = ((5) + 1) / (4) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (9)	% абсолютной заполненности, = (9) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	1	4	1	3	25	50	1	0	100
2	2	1	4	2	2	50	75	2	0	100
3	3	1	4	3	1	75	100	3	0	100
4	10	2	16	1	15	6,25	12,5	1	3	25
5	11	2	16	5	11	31,25	37,5	3	2	60
6	12	2	16	9	7	56,25	62,5	5	1	83,33
7	13	2	16	13	3	81,25	87,5	7	0	100
8	20	2	16	2	14	12,5	18,75	2	6	25
9	21	2	16	6	10	37,5	43,75	5	4	55,56
10	22	2	16	10	6	62,5	68,75	8	2	80
11	23	2	16	14	2	87,5	93,75	11	0	100
12	30	2	16	3	13	18,75	25	3	9	25
13	31	2	16	7	9	43,75	50	7	6	53,85
14	32	2	16	11	5	68,75	75	11	3	78,57
15	33	2	16	15	1	93,75	100	15	0	100
16	100	3	64	1	63	1,56	3,13	1	15	6,25
17	101	3	64	17	47	26,56	28,13	6	11	35,29
18	102	3	64	33	31	51,56	53,13	11	7	61,11
19	103	3	64	49	15	76,56	78,13	16	3	84,21
20	110	3	64	5	59	7,81	9,38	3	17	15
21	111	3	64	21	43	32,81	34,38	9	12	42,86
22	112	3	64	37	27	57,81	59,38	15	7	68,18
23	113	3	64	53	11	82,81	84,38	21	2	91,3
24	120	3	64	9	55	14,06	15,63	5	19	20,83
25	121	3	64	25	39	39,06	40,63	12	13	48
26	122	3	64	41	23	64,06	65,63	19	7	73,08
27	123	3	64	57	7	89,06	90,63	26	1	96,3
28	130	3	64	13	51	20,31	21,88	7	21	25

Таблица 7. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в 5-ной системе.

Число	В 5-ной системе	Уровень	Знаменатель, = 5 ⁽³⁾	Фактическая заполненность	Фактическая незаполненность, = (4) – (5)	% фактической заполненности мин., = (5) / (4) * 100%	% фактической заполненности макс., = ((5) + 1) / (4) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (9)	% абсолютной заполненности, = (9) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	1	5	1	4	20	40	1	0	100
2	2	1	5	2	3	40	60	2	0	100
3	3	1	5	3	2	60	80	3	0	100
4	4	1	5	4	1	80	100	4	0	100
5	10	2	25	1	24	4	8	1	4	20
6	11	2	25	6	19	24	28	3	3	50
7	12	2	25	11	14	44	48	5	2	71,43
8	13	2	25	16	9	64	68	7	1	87,5
9	14	2	25	21	4	84	88	9	0	100
10	20	2	25	2	23	8	12	2	8	20
11	21	2	25	7	18	28	32	5	6	45,45
12	22	2	25	12	13	48	52	8	4	66,67
13	23	2	25	17	8	68	72	11	2	84,62
14	24	2	25	22	3	88	92	14	0	100
15	30	2	25	3	22	12	16	3	12	20
16	31	2	25	8	17	32	36	7	9	43,75
17	32	2	25	13	12	52	56	11	6	64,71
18	33	2	25	18	7	72	76	15	3	83,33
19	34	2	25	23	2	92	96	19	0	100
20	40	2	25	4	21	16	20	4	16	20
21	41	2	25	9	16	36	40	9	12	42,86
22	42	2	25	14	11	56	60	14	8	63,64
23	43	2	25	19	6	76	80	19	4	82,61
24	44	2	25	24	1	96	100	24	0	100
25	100	3	125	1	124	0,8	1,6	1	24	4
26	101	3	125	26	99	20,8	21,6	7	19	26,92
27	102	3	125	51	74	40,8	41,6	13	14	48,15
28	103	3	125	76	49	60,8	61,6	19	9	67,86

Таблица 8. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в 6-ной системе.

Число	В 6-ной системе	Уровень	Знаменатель, = 6 ⁽³⁾	Фактическая заполненность	Фактическая незаполненность, = (4) – (5)	% фактической заполненности мин., = (5) / (4) * 100%	% фактической заполненности макс., = ((5) + 1) / (4) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (9)	% абсолютной заполненности, = (9) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	1	6	1	5	16,67	33,33	1	0	100
2	2	1	6	2	4	33,33	50	2	0	100
3	3	1	6	3	3	50	66,67	3	0	100
4	4	1	6	4	2	66,67	83,33	4	0	100
5	5	1	6	5	1	83,33	100	5	0	100
6	10	2	36	1	35	2,78	5,56	1	5	16,67
7	11	2	36	7	29	19,44	22,22	3	4	42,86
8	12	2	36	13	23	36,11	38,89	5	3	62,5
9	13	2	36	19	17	52,78	55,56	7	2	77,78
10	14	2	36	25	11	69,44	72,22	9	1	90
11	15	2	36	31	5	86,11	88,89	11	0	100
12	20	2	36	2	34	5,56	8,33	2	10	16,67
13	21	2	36	8	28	22,22	25	5	8	38,46
14	22	2	36	14	22	38,89	41,67	8	6	57,14
15	23	2	36	20	16	55,56	58,33	11	4	73,33
16	24	2	36	26	10	72,22	75	14	2	87,5
17	25	2	36	32	4	88,89	91,67	17	0	100
18	30	2	36	3	33	8,33	11,11	3	15	16,67
19	31	2	36	9	27	25	27,78	7	12	36,84
20	32	2	36	15	21	41,67	44,44	11	9	55
21	33	2	36	21	15	58,33	61,11	15	6	71,43
22	34	2	36	27	9	75	77,78	19	3	86,36
23	35	2	36	33	3	91,67	94,44	23	0	100
24	40	2	36	4	32	11,11	13,89	4	20	16,67
25	41	2	36	10	26	27,78	30,56	9	16	36
26	42	2	36	16	20	44,44	47,22	14	12	53,85
27	43	2	36	22	14	61,11	63,89	19	8	70,37
28	44	2	36	28	8	77,78	80,56	24	4	85,71

Таблица 9. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в 7-ной системе.

Число	В 7-ной системе	Уровень	Знаменатель, = 7 ⁽³⁾	Фактическая заполненность	Фактическая незаполненность, = (4) – (5)	% фактической заполненности мин., = (5) / (4) * 100%	% фактической заполненности макс., = ((5) + 1) / (4) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (9)	% абсолютной заполненности, = (9) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	1	7	1	6	14,29	28,57	1	0	100
2	2	1	7	2	5	28,57	42,86	2	0	100
3	3	1	7	3	4	42,86	57,14	3	0	100
4	4	1	7	4	3	57,14	71,43	4	0	100
5	5	1	7	5	2	71,43	85,71	5	0	100
6	6	1	7	6	1	85,71	100	6	0	100
7	10	2	49	1	48	2,04	4,08	1	6	14,29
8	11	2	49	8	41	16,33	18,37	3	5	37,5
9	12	2	49	15	34	30,61	32,65	5	4	55,56
10	13	2	49	22	27	44,9	46,94	7	3	70
11	14	2	49	29	20	59,18	61,22	9	2	81,82
12	15	2	49	36	13	73,47	75,51	11	1	91,67
13	16	2	49	43	6	87,76	89,8	13	0	100
14	20	2	49	2	47	4,08	6,12	2	12	14,29
15	21	2	49	9	40	18,37	20,41	5	10	33,33
16	22	2	49	16	33	32,65	34,69	8	8	50
17	23	2	49	23	26	46,94	48,98	11	6	64,71
18	24	2	49	30	19	61,22	63,27	14	4	77,78
19	25	2	49	37	12	75,51	77,55	17	2	89,47
20	26	2	49	44	5	89,8	91,84	20	0	100
21	30	2	49	3	46	6,12	8,16	3	18	14,29
22	31	2	49	10	39	20,41	22,45	7	15	31,82
23	32	2	49	17	32	34,69	36,73	11	12	47,83
24	33	2	49	24	25	48,98	51,02	15	9	62,5
25	34	2	49	31	18	63,27	65,31	19	6	76
26	35	2	49	38	11	77,55	79,59	23	3	88,46
27	36	2	49	45	4	91,84	93,88	27	0	100
28	40	2	49	4	45	8,16	10,2	4	24	14,29

Таблица 10. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в 8-ной системе.

Число	В 8-ной системе	Уровень	Знаменатель, = 8 ⁽³⁾	Фактическая заполненность	Фактическая незаполненность, = (4) – (5)	% фактической заполненности мин., = (5) / (4) * 100%	% фактической заполненности макс., = ((5) + 1) / (4) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (9)	% абсолютной заполненности, = (9) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	1	8	1	7	12,5	25	1	0	100
2	2	1	8	2	6	25	37,5	2	0	100
3	3	1	8	3	5	37,5	50	3	0	100
4	4	1	8	4	4	50	62,5	4	0	100
5	5	1	8	5	3	62,5	75	5	0	100
6	6	1	8	6	2	75	87,5	6	0	100
7	7	1	8	7	1	87,5	100	7	0	100
8	10	2	64	1	63	1,56	3,13	1	7	12,5
9	11	2	64	9	55	14,06	15,63	3	6	33,33
10	12	2	64	17	47	26,56	28,13	5	5	50
11	13	2	64	25	39	39,06	40,63	7	4	63,64
12	14	2	64	33	31	51,56	53,13	9	3	75
13	15	2	64	41	23	64,06	65,63	11	2	84,62
14	16	2	64	49	15	76,56	78,13	13	1	92,86
15	17	2	64	57	7	89,06	90,63	15	0	100
16	20	2	64	2	62	3,13	4,69	2	14	12,5
17	21	2	64	10	54	15,63	17,19	5	12	29,41
18	22	2	64	18	46	28,13	29,69	8	10	44,44
19	23	2	64	26	38	40,63	42,19	11	8	57,89
20	24	2	64	34	30	53,13	54,69	14	6	70
21	25	2	64	42	22	65,63	67,19	17	4	80,95
22	26	2	64	50	14	78,13	79,69	20	2	90,91
23	27	2	64	58	6	90,63	92,19	23	0	100
24	30	2	64	3	61	4,69	6,25	3	21	12,5
25	31	2	64	11	53	17,19	18,75	7	18	28
26	32	2	64	19	45	29,69	31,25	11	15	42,31
27	33	2	64	27	37	42,19	43,75	15	12	55,56
28	34	2	64	35	29	54,69	56,25	19	9	67,86

Таблица 11. Абсолютные и фактические показатели заполненности разрядов чисел в 9-ной системе.

Число	В 9-ной системе	Уровень	Знаменатель, = $9^{(3)}$	Фактическая заполненность	Фактическая незаполненность, = (4) – (5)	% фактической заполненности мин., = (5) / (4) * 100%	% фактической заполненности макс., = ((5) + 1) / (4) * 100%	Абсолютная заполненность, = x	Абсолютная незаполненность, = y = (1) – (9)	% абсолютной заполненности, = (9) / (1) * 100%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0		0	1	0	1	0	100	0	0	Любой
1	1	1	9	1	8	11,11	22,22	1	0	100
2	2	1	9	2	7	22,22	33,33	2	0	100
3	3	1	9	3	6	33,33	44,44	3	0	100
4	4	1	9	4	5	44,44	55,56	4	0	100
5	5	1	9	5	4	55,56	66,67	5	0	100
6	6	1	9	6	3	66,67	77,78	6	0	100
7	7	1	9	7	2	77,78	88,89	7	0	100
8	8	1	9	8	1	88,89	100	8	0	100
9	10	2	81	1	80	1,23	2,47	1	8	11,11
10	11	2	81	10	71	12,35	13,58	3	7	30
11	12	2	81	19	62	23,46	24,69	5	6	45,45
12	13	2	81	28	53	34,57	35,8	7	5	58,33
13	14	2	81	37	44	45,68	46,91	9	4	69,23
14	15	2	81	46	35	56,79	58,02	11	3	78,57
15	16	2	81	55	26	67,9	69,14	13	2	86,67
16	17	2	81	64	17	79,01	80,25	15	1	93,75
17	18	2	81	73	8	90,12	91,36	17	0	100
18	20	2	81	2	79	2,47	3,7	2	16	11,11
19	21	2	81	11	70	13,58	14,81	5	14	26,32
20	22	2	81	20	61	24,69	25,93	8	12	40
21	23	2	81	29	52	35,8	37,04	11	10	52,38
22	24	2	81	38	43	46,91	48,15	14	8	63,64
23	25	2	81	47	34	58,02	59,26	17	6	73,91
24	26	2	81	56	25	69,14	70,37	20	4	83,33
25	27	2	81	65	16	80,25	81,48	23	2	92
26	28	2	81	74	7	91,36	92,59	26	0	100
27	30	2	81	3	78	3,7	4,94	3	24	11,11
28	31	2	81	12	69	14,81	16,05	7	21	25

По сравнению с таблицами 1-3 в этих таблицах добавилась колонка «Уровень». Это количество значащих цифр при записи числа в соответствующей системе счисления. Также это степень, в которую нужно возвести основание системы счисления, чтобы получить величину «Знаменатель».

Запишем формулы для расчета фактической и абсолютной заполненности разрядов произвольного числа «а» в произвольной системе счисления «s». Пусть число «а» при его записи в системе счисления «s» имеет «n» разрядов: r_1, r_2, \dots, r_n . r_1 – разряд единиц. В этом случае будут справедливы формулы:

$$a = \sum_{i=1}^n r_i \cdot s^{i-1} \quad (5)$$

$$\Phi Z_{\text{мин}} = \sum_{i=1}^n r_i \cdot s^{n-i} \quad (6)$$

$$\Phi Z_{\text{макс}} = \Phi Z_{\text{мин}} + 1 \quad (7)$$

$$\text{Знаменатель} = s^n \quad (8)$$

$$\% \Phi Z_{\text{мин}} = \frac{\Phi Z_{\text{мин}}}{\text{Знаменатель}} \cdot 100\% \quad (9)$$

$$\% \Phi Z_{\text{макс}} = \frac{\Phi Z_{\text{макс}}}{\text{Знаменатель}} \cdot 100\% \quad (10)$$

$$A3 = \sum_{i=1}^n r_i + \sum_{j=1}^{n-1} s^{j-1} \cdot \sum_{i=1}^{n-j} r_i \cdot r_{i+j} \quad (11)$$

$$\% A3 = \frac{A3}{a} \cdot 100\% \quad (12)$$

$$\% \Phi Z_{\text{мин}} < \% \Phi Z_{\text{макс}} \leq \% A3 \quad (13)$$

где ΦZ – фактическая заполненность; $A3$ – абсолютная заполненность.

Из формул (5) и (6) видно, что (минимальная) фактическая заполненность представляет собой перевернутую запись числа в соответствующей системе счисления.

Из формулы (11) видно, что величина абсолютной заполненности (координата «х» на плоскости) **инвариантна относительно переворота** записи числа в соответствующей системе счисления. Т.е. например, для десятичных чисел 12 и 21 она будет равна, для чисел 123 и 321 она будет равна (см. таблицы 4-12).

Из вышеприведенных формул можно получить подтверждение, что процент абсолютной заполненности всегда больше или равен проценту максимальной фактической заполненности (неравенство (13)). Рассмотрим несколько случаев с различными «n».

n=0. Единственным 0-разрядным числом является число 0. У него нет ни одного значащего разряда. Для него $\% \Phi Z_{\text{макс}} = 1/1 \cdot 100\%$ и $\% A3 = 0/0 \cdot 100\%$. Т.е. $\% A3$ может быть любым, в том числе и равным 100%. Поэтому неравенство (13) для случая $n=0$ будем считать выполненным.

n=1. Для 1-разрядных чисел $\%ФЗ_{\max}=(r_1+1)/s*100\%$ и $\%A3=r_1/r_1*100\%=100\%$. Очевидно неравенство (13) будет выполняться.

n=2. Для 2-разрядных чисел $\%ФЗ_{\max}=(r_1*s+r_2+1)/s^2*100\%$ и $\%A3=(r_1+r_2+r_1*r_2)/(r_1+r_2*s)*100\%$.

Подставим эти выражения в неравенство (13) и упростим. Получим:

$$(r_1)^2*s + (r_2)^2*s + r_1*r_2 + r_1 + r_2*s \leq r_1*s^2 + r_2*s^2 \quad (14)$$

Как мы понимаем, $r_1 \leq s-1$ и $r_2 \leq s-1$. Подставим максимальное значение для одного r_1 в первом слагаемом левой части неравенства (14) и максимальное значение для одного r_2 во втором слагаемом и покажем, что неравенство верно даже в этом случае. Получим следующее неравенство:

$$r_1*s*(s-1) + r_2*s*(s-1) + r_1*r_2 + r_1 + r_2*s \leq r_1*s^2 + r_2*s^2 \quad (15)$$

Упростив это неравенство, получим $r_2+1 \leq s$, что верно. Таким образом, неравенство (13) удовлетворяется для случая $n=2$.

Приведем рисунок с расположением чисел на плоскости с учетом заполненности их разрядов для двоичной системы:

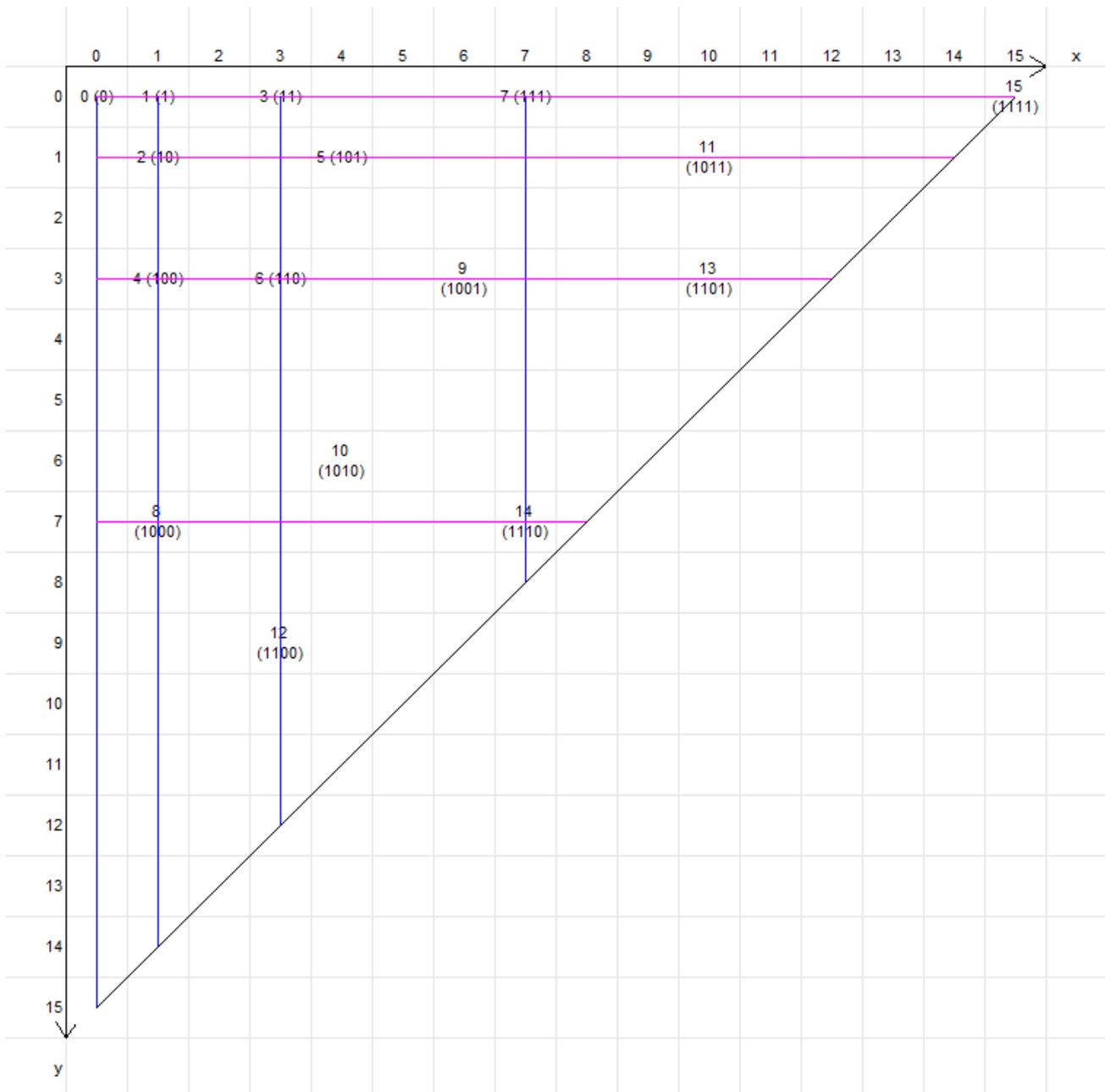


Рис. 6. Расположение чисел на плоскости с учетом заполненности их разрядов для двоичной системы.

На этом рисунке видна некоторая симметрия синих и фиолетовых линий. Соответствующие фиолетовые линии обозначают, что, начиная с такой-то линии, на плоскости могут располагаться числа, в двоичных записях которых содержится столько-то 0. Соответствующие синие линии обозначают, что, начиная с такой-то линии, на плоскости могут располагаться числа, в двоичных записях которых содержится столько-то 1.

Также при расположении чисел на плоскости с учетом заполненности их разрядов для двоичной системы можно выделить области чисел, двоичные представления которых оканчиваются, например, на «00», «10», «01» и «11».

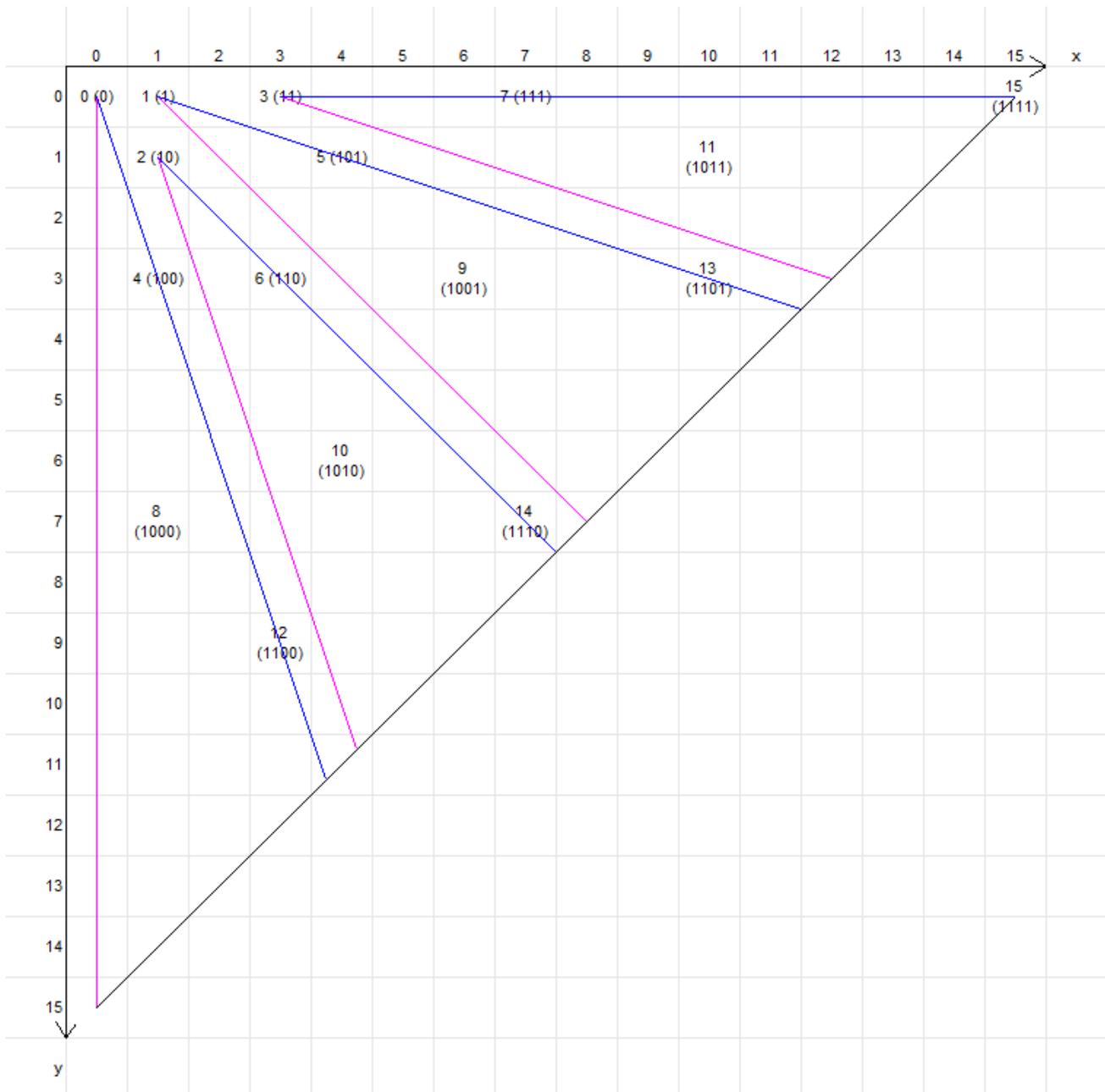


Рис. 7. Расположение чисел на плоскости с учетом заполненности их разрядов для двоичной системы.

Таким образом, показанное выше **расположение чисел на плоскости для любой системы счисления имеет определенную логику и закономерности, продиктованные заполненностью их разрядов.** Чем больше разряды заполнены (напомним, что наибольший приоритет в плане заполненности у разряда единиц и далее он снижается при переходе к более старшим разрядам), тем ближе число к оси «x» и дальше от оси «y». Чем меньше разряды заполнены, тем ближе число к оси «y» и дальше от оси «x».

Расположение чисел на плоскости с учетом заполненности разрядов можно представить в виде, так сказать, треугольника.

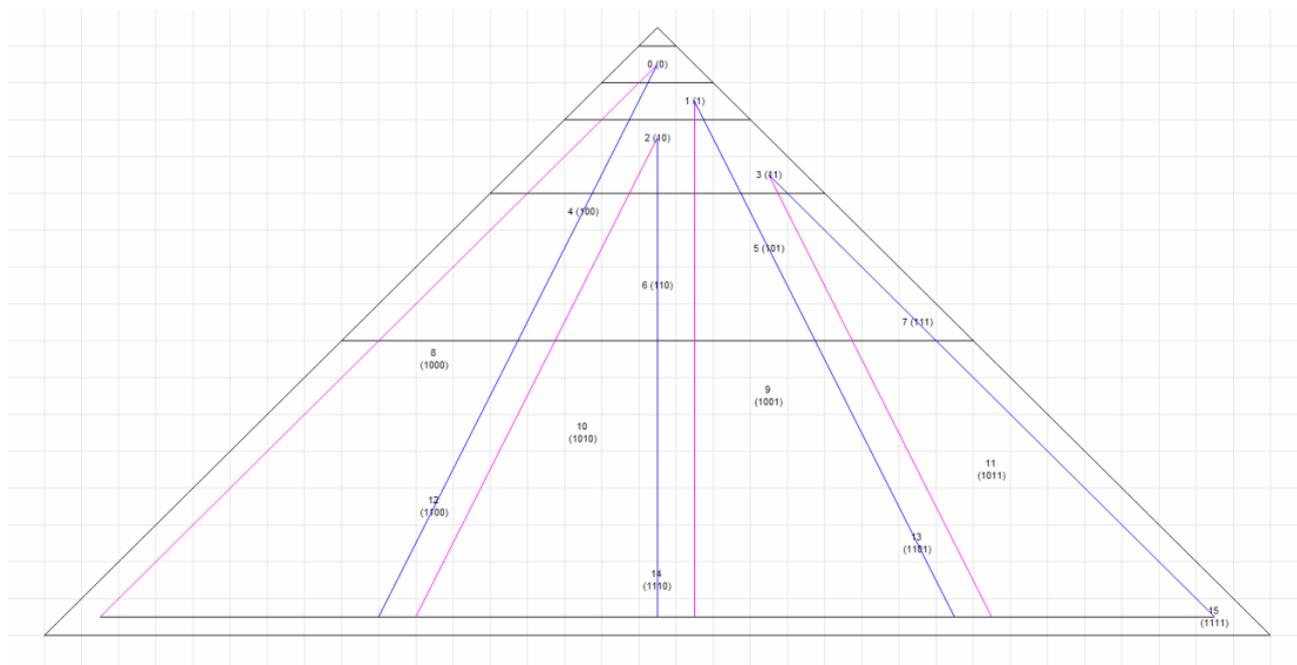


Рис. 8. Расположение чисел с учетом заполненности их разрядов для двоичной системы в виде треугольника.

Как видно, рис. 8 получен поворотом рис. 7 на 45° .

Вершиной данного треугольника является число 0. Последовательно прибавляя к нему 1 и получая при этом очередное натуральное число, мы тем самым спускаемся по треугольнику как по ступеням ниже и ниже. **Для каждого числа имеется своя ступень, на которой оно расположено в зависимости от своей величины. А конкретное расположение числа на этой ступени зависит от заполненности его разрядов.**

Мы дали определения понятиям фактической заполненности разрядов (минимальной и максимальной) и абсолютной. Эти три величины могут быть рассчитаны в процентном отношении. При этом процент максимальной фактической заполненности и процент абсолютной заполненности в определенной системе счисления для разных чисел могут повторяться. **А процент минимальной фактической заполненности является уникальной величиной** для каждого числа, и повторяться не может.

Кроме того, **минимальная фактическая заполненность является расширением понятия остатка от деления.** По-сути остаток от деления представляет собой фактическую заполненность 1-го разряда. Учитывая же заполненность всех разрядов, мы и приходим к понятию фактической заполненности (минимальной), которая сводится к перевороту записи числа в соответствующей системе счисления. При нахождении остатка от деления мы обращаемся только к 1-му разряду записи числа, который является «главным и единственным», а при расчете фактической заполненности мы обращаемся ко всем разрядам, среди которых 1-ый разряд является «главным, но не единственным».

Остаток от деления определяет отношение одного числа к другому, а фактическая заполненность (минимальная) определяет **полное отношение** одного числа к

другому. Например, число 6 (дв. 110) делится только один раз на 2 (делится на 2^1), а число 12 (дв. 1100) – два раза (делится на 2^2). Тем самым «полная делимость» числа 12 на число 2 больше, чем она у числа 6. Значит процент фактической заполненности (минимальной) у числа 12 в двоичной системе должен быть меньше, чем у числа 6, что мы и видим из таблицы 4.

Таким образом, главные показатели заполненности разрядов это фактическая заполненность (минимальная) и процент фактической заполненности (минимальной).

Выводы

1. Даны определения абсолютной и (минимальной и максимальной) фактической заполненности разрядов чисел при записи их в той или иной позиционной системе счисления.
2. Описан математический аппарат для расчета этих показателей.
3. Приведены значения этих показателей для чисел в интервале от 0 до 28 и для систем счисления от 2-ной до 10-ной.
4. Предложен способ расположения чисел на плоскости с учетом заполненности их разрядов.
5. Показано, что минимальная фактическая заполненность является расширением понятия остатка от деления.

Литература:

1. Позиционная система счисления. [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Позиционная_система_счисления (дата обращения: 15.10.2021).
2. Бухштаб А.А. Теория чисел. - М.: Просвещение, 1966. - 384 с.
3. Гашков С.Б. Системы счисления и их применение. - М.: МЦНМО, 2004. - 52 с.

ФИЗИКА, ХИМИЯ

РАСЧЕТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДЕТОНАЦИИ СМЕСЕЙ ГИДРАЗИНОВОЙ СОЛИ 5-АМИНОТЕТРАЗОЛА С ТЭНОМ

Голубев Владимир Константинович

Кандидат физико-математических наук, доцент
Нижний Новгород; Университет Людвига-Максимилиана, Мюнхен
Независимый эксперт; приглашенный ученый

Ключевые слова: гидразиновая соль 5-аминотетразола; ГАТ; тэн; смесь; разложение; скорость детонации; термохимический расчет

Keywords: hydrazine salt of 5-aminotetrazole; HAT; PETN; mixture; decomposition; detonation velocity; thermochemical calculation

Аннотация: Выполнено расчетное изучение детонационных характеристик смесей гидразиновой соли 5-аминотетразола (ГАТ) с тэном. В основу расчетов положены известные экспериментальные результаты по измерению скоростей детонации смесей ГАТ с тэном при массовом содержании тэна 10, 20 и 40% и плотностях смеси 0.8, 1.11 и 1.33 г/см³. В проведенных экспериментах было показано, что измеренные скорости детонации значительно ниже их значений, полученных с использованием обычных термохимических расчетов. В данной работе этот эффект был количественно изучен с использованием термохимической программы Explot5. В расчет задавались условия неразложения части ГАТ в проходящей детонационной волне и для всех выполненных опытов определялись массовые доли этих неразложившихся частей ГАТ. Таким образом, на основании результатов по экспериментальному определению скоростей детонации были определены массовые доли ГАТ, не прореагировавшие в детонационной волне, распространяющейся по смеси ГАТ с тэном.

Abstract: A computational study of detonation in mixtures of the hydrazine salt of 5-aminotetrazole (HAT) with PETN has been carried out. The calculations are based on the experimental results on measuring the detonation velocities of mixtures of HAT with PETN at a mass content of PETN of 10, 20, and 40% and mixture densities of 0.8, 1.11 and 1.33 g/cm³. In those experiments, it was shown that the measured detonation velocities were significantly lower than their values obtained using thermochemical calculations. In the work, this effect was quantitatively studied using the Explot5 program. The conditions for non-decomposition of a part of HAT in the passing detonation wave were set in the calculations. For all the experiments performed, the mass fractions of these non-decomposed parts of HAT were determined. Thus, on the basis of the experimental results on detonation velocities, the mass fractions of HAT that did not react in the detonation wave in mixtures of HAT with PETN were determined.

УДК 544.454.3

Введение

В работе [1] была синтезирована и всесторонне исследована гидразиновая соль 5-аминотетразола, а именно гидразиний 5-аминотетразолат или сокращенно ГАТ. В

исследованиях были задействованы методы рентгеноструктурного анализа, инфракрасной, рамановской и ЯМР-спектроскопии, масс-спектрометрии, элементного анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии. Структура молекулярного комплекса ГАТ показана на рис. 1. Его молекулярная формула записывается как CH_7N_7 , а плотность, полученная из результатов рентгеноструктурного анализа при пониженной температуре, составляет 1.547 г/см^3 . Отмечается, что кристаллическая структура ГАТ характеризуется разветвленной сетью водородных связей, что может быть причиной высокой стабильности и низкой чувствительности ГАТ как взрывчатого вещества.

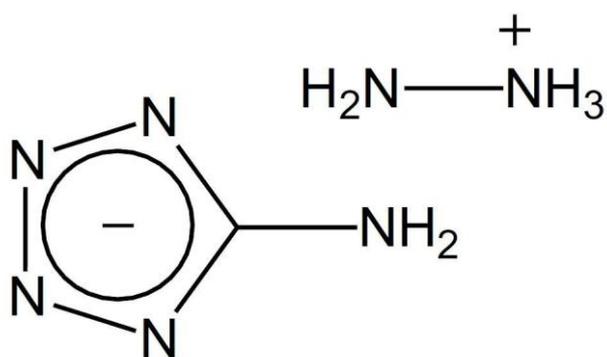


Рис. 1. Структура молекулярного комплекса ГАТ.

Стандартная энтальпия образования ГАТ $\Delta_f H_s^\circ$ была определена путем широко используемого авторами работы расчетного метода, приведенного в учебном пособии [2]. Метод заключается в первоначальном определении энтальпии образования обоих ионов в газовой фазе с использованием метода CBS-4M, для чего используется подход, основанный на методе атомизации. На следующем этапе проводится расчетное определение энергии решетки, для чего применяется метод расчета, изложенный в работе [3] и некоторых других работах разработчиков этого подхода. При подобном расчетном определении энтальпии образования ГАТ, его значение составило 373.2 кДж/моль . Детонационные характеристики вещества были рассчитаны на основании этого значения $\Delta_f H_s^\circ$ с использованием термохимической программы Expro5 [4], которая также используется для расчетов в данной работе. В работе [1] для давления P и скорости D детонации ГАТ были получены расчетные значения 29.6 ГПа и 9516 м/с .

В работе [1] была также предпринята попытка получить экспериментальное значение скорости детонации ГАТ. Для этого в полиэтиленовую трубку диаметром 14 мм с двумя светодиодами, установленными на расстоянии 2 см , засыпали 15 г вещества и поджимали его с усилием около 50 Н . В качестве бустерного заряда накладывался заряд из 2 г тэна и поджимался с усилием около 20 Н . Инициирование сборки проводили с использованием электродетонатора, содержащего 1 г тэна и 0.2 г нитрата ацетилида серебра. После проведения опыта было отмечено, что электродетонатор и бустерный заряд сработали успешно, но инициирования заряда ГАТ в сборке не произошло. Таким образом, было получено, что используемый заряд ГАТ не может быть иницирован даже при использовании бустерного заряда из тэна.

Примерно в это же время соль ГАТ была синтезирована и детально исследована в работе [5] с использованием практически тех же основных методов, что и в работе [1]. Плотность вещества была измерена с использованием пикрометрического

метода и составила 1.48 г/см^3 при $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Стандартная энтальпия образования ГАТ $\Delta_f H_s^\circ$ была определена путем расчетного определения энтальпии образования обоих ионов с использованием метода изодесмических реакций и последующего расчетного определения энергии решетки с использованием того же метода расчета, изложенного в работе [2]. При подобном расчетном определении энтальпии образования ГАТ ее значение составило 383.6 кДж/моль . Детонационные характеристики вещества были рассчитаны на основании этого значения $\Delta_f H_s^\circ$ с использованием термохимической программы Cheetah 4.0. Полученные таким образом значения давления P и скорости D детонации ГАТ составили 24.8 ГПа и 8786 м/с .

Основательное изучение возможных детонационных характеристик ГАТ было выполнено в работах [6, 7]. В работе [6] была сделана достаточно корректная оценка стандартной энтальпии образования ГАТ с учетом экспериментальных значений энтальпии образования 5-аминотетразола и гидразина. При выполнении этой оценки учитывалось, что для 5-аминотетразола и гидразина экспериментальные значения энтальпии образования хорошо известны [8] и равны соответственно 207.9 и 50.5 кДж/моль . В сумме это составляет 258.4 кДж/моль , что уже заметно меньше значения энтальпии образования ГАТ из работ [1, 5]. Реакция 5-аминотетразола (кислоты) с гидразином (основанием) выделяет тепло (реакция нейтрализации), и результирующее значения энтальпии образования соли будет еще меньше суммы энтальпий образования исходных материалов. Как указывают авторы [6], при образовании такой соли теплота реакции нейтрализации составляет 70 кДж/моль (с учетом изменения энергии кристаллической решетки соли по сравнению с исходными материалами). Таким образом, по оценкам авторов [6] энтальпия образования ГАТ составляет $258.4 - 70 = 188.4 \text{ кДж/моль}$. С этим значением $\Delta_f H_s^\circ$ в работе [6] были выполнены термохимические расчеты возможных детонационных характеристик ГАТ и проведено их сопоставление с результатами подобных расчетов, проведенных в работе [1].

В следующей работе [7] так же, как и в работе [1], была предпринята попытка инициировать детонацию в заряде ГАТ, а когда эта попытка не удалась, были проведены эксперименты по измерению скорости детонации в смесях ГАТ с тэном. Остановимся на этих интересных результатах подробнее. В эксперименте по инициированию детонации была рассмотрена возможность подорвать заряд ГАТ диаметром 28 мм , массой 30 г и плотностью 0.80 г/см^3 , размещенный в стальной цилиндрической оболочке с толщиной стенки 14 мм . В качестве бустерного заряда использовалась прессованная таблетка гексогена массой 10 г , инициируемая стандартным электродетонатором. По характеру разрушения оболочки авторы сделали вывод, что она была разрушена в результате взрыва бустерного заряда гексогена, а вклад заряда ГАТ в этот процесс не мог быть существенным.

Эксперименты по измерению скорости детонации в смесях ГАТ с тэном проводили по схеме, приведенной на рис. 2. Использовались смеси с массовым соотношением указанных компонентов $90/10$, $80/20$ и $60/40$, что значит 10 , 20 и 40% тэна в смесях, имеющих одинаковую плотность 0.80 г/см^3 . Заряды диаметром 21 мм и массой около 60 г располагались внутри стальной оболочки с толщиной стенки 3 мм . В качестве бустерного заряда использовалась таблетка прессованного гексогена массой 5 г , которая инициировалась стандартным электродетонатором. Для измерения скорости детонации использовался волоконно-оптический измеритель скорости детонации VOD-8 производства OZM Research (Чехия). База измерения составляла от 50 до 110

мм. Полученные в результате выполненных экспериментов значения скорости детонации проявляли тенденцию к повышению при увеличении содержания тэна в смеси, но их значения были значительно меньше расчетных величин, основанных на приведенном значении энтальпии образования ГАТ.

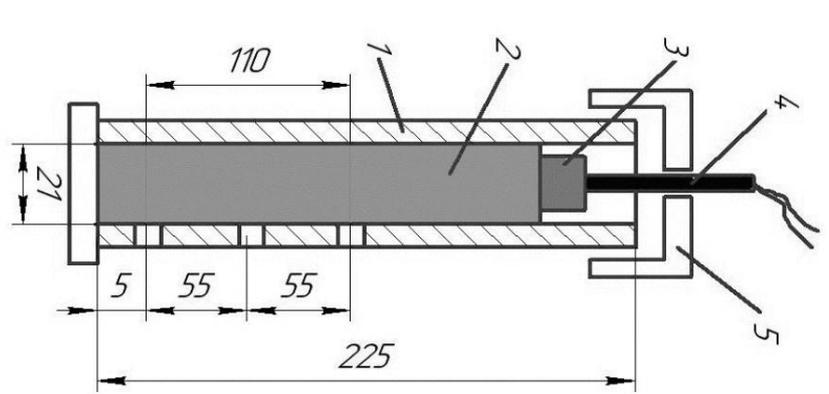


Рис. 2. Схема проведения экспериментов по измерению скорости детонации смесей ГАТ с тэном: 1 – стальная оболочка, 2 – заряд смеси ГАТ с тэном, 3 – бустерный заряд из гексогена, 4 – электродетонатор, 5 – полиэтиленовый фиксатор детонатора.

В подобной же постановке проводились опыты по измерению скорости детонации в смесях ГАТ с тэном с соотношением указанных компонентов 80/20, имеющих, кроме исходной плотности 0.80 г/см^3 , дополнительные значения плотности $1.11-1.12$ и $1.33-1.34 \text{ г/см}^3$. Полученные в результате этих опытов значения скорости детонации уже не проявили тенденцию к монотонному повышению при увеличении плотности, а их значения также были значительно меньше расчетных величин, основанных на приведенном значении энтальпии образования ГАТ.

Полученные в работе [7] результаты для энергетического материала ГАТ являются весьма интересными и в научном и в практическом плане. Представилось целесообразным попытаться каким-то образом выяснить, с чем же связана такая чрезвычайно высокая стойкость материала к инициированию детонации и в какой же степени происходит его разложение при процессе детонации в смеси с тэном.

Рассмотрение одного из аспектов вопроса о степени разложения ГАТ при его детонации в смеси с тэном проводилось в работе [9]. Подход в этой работе был чисто качественным и заключался в решении обратной термодинамической задачи. В прямой задаче на основании известных свойств энергетического материала, прежде всего, энтальпии его образования, определяются его детонационные характеристики, в том числе, скорость детонации. В обратной же задаче на основании известных скоростей детонации могут быть определены эффективные значения энтальпии образования. Именно эффективные, а не реальные значения, но на основании подобных результатов можно как-то качественно судить о степени разложения изучаемого энергетического материала в процессе детонации смеси, компонентом которой он является. Так вот полученные в работе [9] значения эффективной энтальпии образования явно указывали на то, что в процессе детонации смесей ГАТ с тэном участвует не очень значительное количество ГАТ, а его довольно основательное количество остается непрореагировавшим.

В данной работе предлагается количественный подход к решению этого вопроса путем решения термохимической задачи детонации многокомпонентной смеси. Предпринимается попытка каким-то образом определить количество этого непрореагировавшего в детонационной волне материала. Для этого часть ГАТ в смеси заменяется балластным материалом, не взаимодействующим существенным образом с продуктами детонации детонирующих взрывчатых веществ. Определение массовой доли этого балластного материала для конкретного экспериментального значения скорости детонации и должно с хорошей степенью точности характеризовать массовую долю ГАТ, не прореагировавшую в детонационной волне, распространяющейся по смеси ГАТ с тэном.

Результаты расчетов и обсуждение

Общие методические вопросы, связанные с проведением термохимических расчетов с использованием программы Expro5 [4] изложены в работе [8]. Для ГАТ использовали такие исходные и необходимые для термохимического расчета свойства, как его молекулярная формула CH_7N_7 , плотность 1.48 г/см^3 [5] и энтальпия образования 188.4 кДж/моль [6]. Для тэна использовали его свойства, приведенные в базе данных программы Expro5 [4], такие как его молекулярная формула $\text{C}_5\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_{12}$, плотность 1.778 г/см^3 и энтальпия образования -533.66 кДж/моль . Следует отметить, что многочисленные результаты по энтальпии образования тэна, рассеянные в разных литературных источниках, не отличаются существенным образом от используемых в программе Expro5 значений. Все проведенные расчеты выполнялись с использованием модифицированного уравнение состояния BKWN-M

$$PV/RT = 1 + x^\varepsilon e^{\beta x} = f(x),$$

где V – объем, занятый газообразными продуктами детонации (молярный объем газов), $x = K/(V(T+\theta)^\alpha)$, k_i – коволюм i -го продукта детонации, $K = \kappa \sum_i k_i$ (i изменяется от 1 до M), $x_i = n_i/n_T$ (молярная доля i -го продукта детонации), α , β , κ , ε и θ – подгоночные параметры, значения которых соответственно равны 0.5, 0.154, 9.45, 1.54 и 3765.

Первым делом были определены детонационные характеристики тэна и ГАТ в зависимости от их плотности. Полученные расчетные результаты представлены в табл. 1, 2. Здесь φ_p и φ_n – объемные содержания тэна и ГАТ в образцах, ρ_0 – плотность, D – скорость детонации, P – давление детонации, T – температура детонации, k – показатель адиабаты продуктов детонации (ПД) в точке Жуге, Q – теплота взрыва, V_g – объем газообразных ПД.

Табл. 1. Детонационные характеристики тэна в зависимости от его плотности

φ_p	ρ_0 г/см ³	D м/с	P GPa	T К	k	Q кДж/кг	V_g дм ³ /кг
1	1.778	8450	32.43	3974	2.915	-5974	768.1
0.9	1.600	7869	25.30	4107	2.916	-5937	804.5
0.8	1.422	7230	18.95	4228	2.922	-5905	828.2
0.7	1.245	6557	13.87	4342	2.858	-5863	841.0
0.6	1.067	5868	9.78	4427	2.759	-5790	849.5
0.5	0.889	5182	6.61	4476	2.611	-5671	857.2
0.4	0.711	4508	4.22	4485	2.427	-5507	865.5
0.3	0.533	3852	2.47	4455	2.207	-5310	874.6
0.2	0.356	3254	1.45	4464	1.593	-5046	886.1
0.1	0.178	2663	0.50	4294	1.527	-4785	897.9

Табл. 2. Детонационные характеристики ГАТ в зависимости от его плотности

φ_h	ρ_0 g/cm ³	D m/s	P GPa	T K	k	Q kJ/kg	V_g dm ³ /kg
1	1.480	8419	22.32	1861	3.701	-2631	1017
0.9	1.332	7670	17.17	1913	3.563	-2636	1037
0.8	1.184	6940	13.00	1960	3.387	-2623	1062
0.7	1.036	6227	9.43	1985	3.261	-2587	1097
0.6	0.888	5525	6.57	1998	3.127	-2533	1136
0.5	0.740	4827	4.33	2002	2.983	-2473	1175
0.4	0.592	4136	2.70	2007	2.755	-2417	1206
0.3	0.444	3461	1.52	2005	2.500	-2365	1229
0.2	0.296	2819	0.75	2001	2.120	-2307	1246
0.1	0.148	2239	0.28	1978	4.235	-2221	1264

Результаты, полученные для скорости и давления детонации в зависимости от их объемного содержания в образце либо пористости, показаны для обоих материалов на рис. 3, 4.

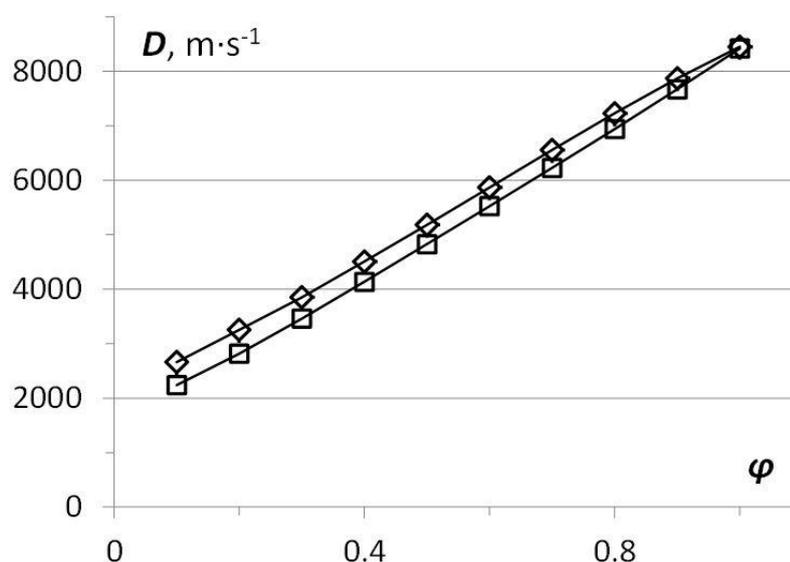


Рис. 3. Влияние объемного содержания в образце тэна (ромбы) и в образце ГАТ (квадраты) на скорость детонации

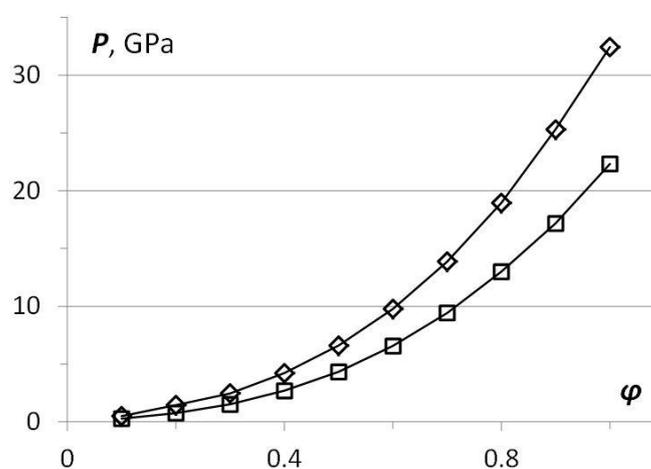


Рис. 4. Влияние объемного содержания в образце тэна (ромбы) и в образце ГАТ (квадраты) на давление детонации

Определение количества не прореагировавшего в детонационной волне ГАТ определялось с помощью замены части ГАТ в смеси материалов выбранным балластным материалом. Подобный материал не должен существенным образом взаимодействовать с продуктами детонации детонирующих взрывчатых веществ. Определение массовой доли этого балластного материала для конкретного экспериментального значения скорости детонации должно с хорошей степенью точности характеризовать массовую долю ГАТ, не прореагировавшую в детонационной волне. В качестве балластных материалов рассматривали несколько веществ и в итоге было принято решение использовать в этом качестве диоксид кремния. Для примера на рис. 5, 6 приведены результаты определения скорости и давления детонации смесей тэна с пористыми диоксидом кремния и хлоридом натрия. Для их энтальпии образования использовали приведенные в базе данных программы Expro5 значения -910.86 и -411.12 кДж/ моль.

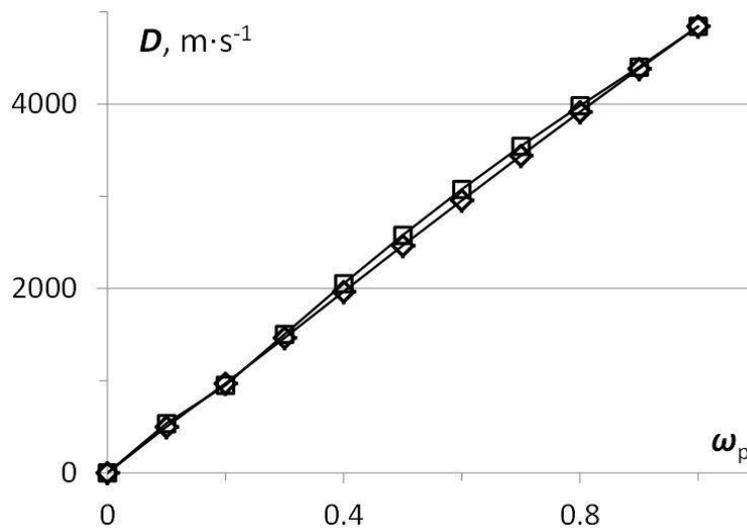


Рис. 5. Влияние массового содержания тэна в образцах с диоксидом кремния (ромбы) и в образцах с хлоридом натрия (квадраты) плотностью 0.80 г/см³ на скорость детонации

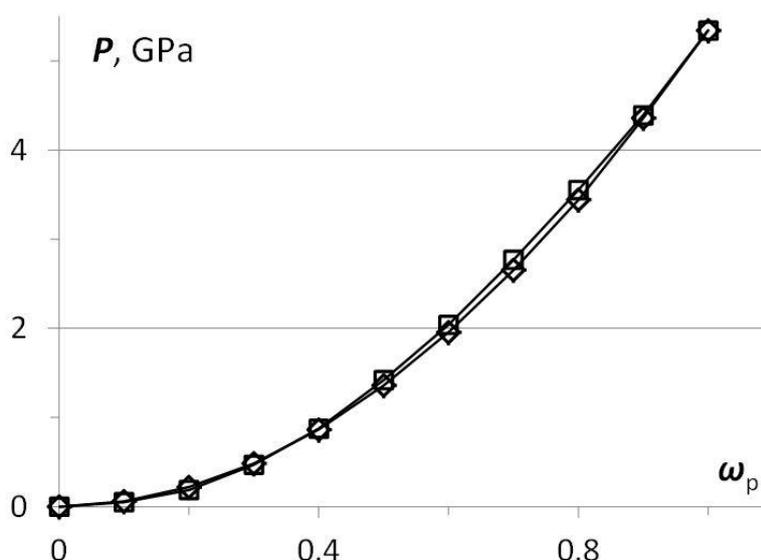


Рис. 6. Влияние массового содержания тэна в образцах с диоксидом кремния (ромбы) и в образцах с хлоридом натрия (квадраты) плотностью 0.80 г/см³ на давление детонации

Расчетные параметры детонации для смесей тэна с различным содержанием ГАТ и для смесей тэна с различным содержанием выбранного балласта плотностью 0.80 г/см³ приведены в табл. 3. Результаты для скорости детонации показаны на рис. 7 вместе с экспериментальными результатами из работы [7].

Табл. 3. Расчетные параметры детонации для смесей тэна с различным содержанием ГАТ и с различным содержанием балласта плотностью 0.80 г/см³

PETN	HAT			Ballast		
ω_p	D , m/s	P , GPa	Q , kJ/kg	D , m/s	P , GPa	Q , kJ/kg
0	5110	5.189	-2497	0	0	0
0.1	5120	5.326	-2833	499	0.060	-607
0.2	5127	5.411	-3028	971	0.221	-1193
0.3	5141	5.499	-3189	1464	0.484	-1782
0.4	5156	5.602	-3350	1966	0.865	-2371
0.5	5168	5.673	-3534	2465	1.360	-2959
0.6	5166	5.738	-3780	2956	1.957	-3537
0.7	5130	5.747	-4151	3441	2.655	-4067
0.8	5051	5.657	-4650	3915	3.444	-4614
0.9	4958	5.535	-5192	4385	4.359	-5120
1	4843	5.342	-5594	4843	5.342	-5594

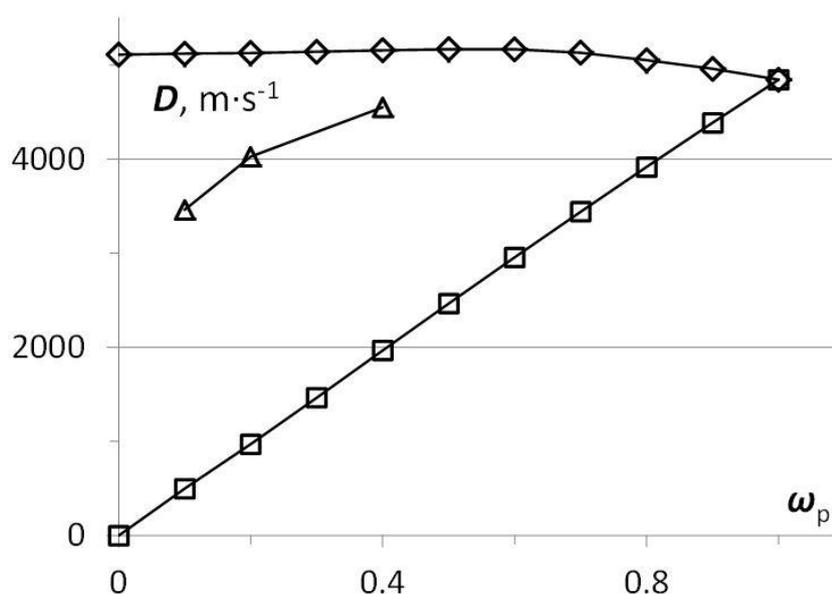


Рис. 7. Влияние массового содержания тэна в образцах с ГАТ (ромбы) и в образцах с балластом (квадраты) плотностью 0.80 г/см³ на скорость детонации. Треугольники – экспериментальные результаты из работы [7]

Расчетные параметры детонации для смесей тэна с различным содержанием ГАТ и для смесей тэна с различным содержанием балласта плотностью 1.11 г/см³ приведены в табл. 4. Результаты для скорости детонации показаны на рис. 8 вместе с экспериментальным результатом из работы [7].

Табл. 4. Расчетные параметры детонации для смесей тэна с различным содержанием ГАТ и с различным содержанием балласта плотностью 1.11 г/см³

PETN		HAT		Ballast		
ω_p	D , m/s	P , GPa	Q , kJ/kg	D , m/s	P , GPa	Q , kJ/kg
0	6582	11.10	-2608	0	0	0
0.1	6567	11.37	-3008	637	0.11	-608
0.2	6512	11.44	-3293	1287	0.43	-1194
0.3	6453	11.42	-3524	1969	1.00	-1782
0.4	6416	11.65	-3728	2621	1.82	-2371
0.5	6409	11.88	-3904	3243	2.87	-2959
0.6	6420	11.71	-4061	3837	4.11	-3546
0.7	6381	11.62	-4304	4407	5.53	-4129
0.8	6301	11.39	-4687	4960	7.09	-4689
0.9	6176	11.07	-5251	5504	8.79	-5251
1	6035	10.67	-5812	6035	10.67	-5812

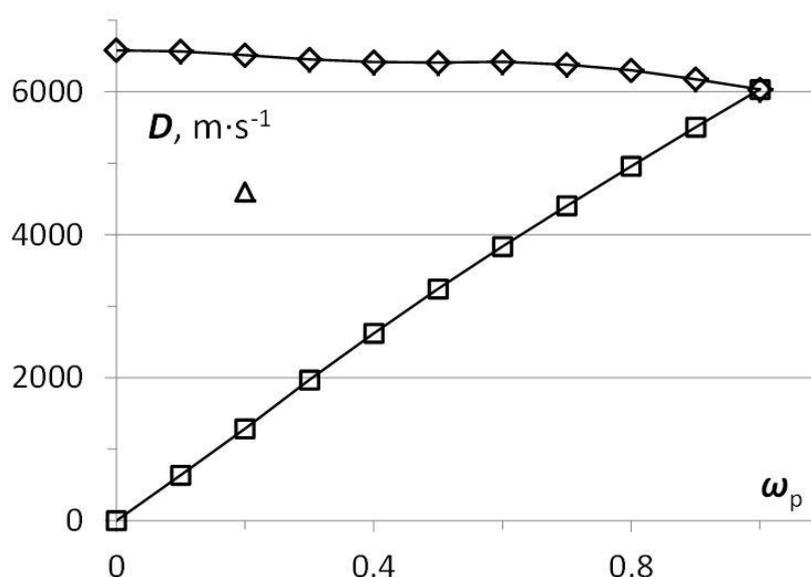


Рис. 8. Влияние массового содержания тэна в образцах с ГАТ (ромбы) и в образцах с балластом (квадраты) плотностью 1.11 г/см³ на скорость детонации. Треугольник – экспериментальный результат из работы [7]

Расчетные параметры детонации для смесей тэна с различным содержанием ГАТ и для смесей тэна с различным содержанием балласта плотностью 1.33 г/см³ приведены в табл. 5. Результаты для скорости детонации показаны на рис. 9 вместе с экспериментальным результатом из работы [7].

Табл. 5. Расчетные параметры детонации для смесей тэна с различным содержанием ГАТ и с различным содержанием балласта плотностью 1.33 г/см³

PETN		HAT			Ballast		
ω_p	D , m/s	P , GPa	Q_2 , kJ/kg	D , m/s	P , GPa	Q_2 , kJ/kg	
0	7660	17.11	-2636	0	0	0	
0.1	7622	17.49	-3045	801	0.18	-609	
0.2	7494	17.33	-3361	1639	0.71	-1194	
0.3	7330	17.03	-3631	2447	1.67	-1783	
0.4	7190	17.01	-3888	3194	3.03	-2371	
0.5	7109	17.22	-4127	3884	4.68	-2959	
0.6	7095	17.77	-4347	4531	6.56	-3548	
0.7	7158	17.67	-4556	5146	8.69	-4136	
0.8	7150	17.40	-4766	5738	11.03	-4722	
0.9	7029	16.82	-5273	6316	13.39	-5306	
1	6883	16.22	-5886	6883	16.22	-5886	

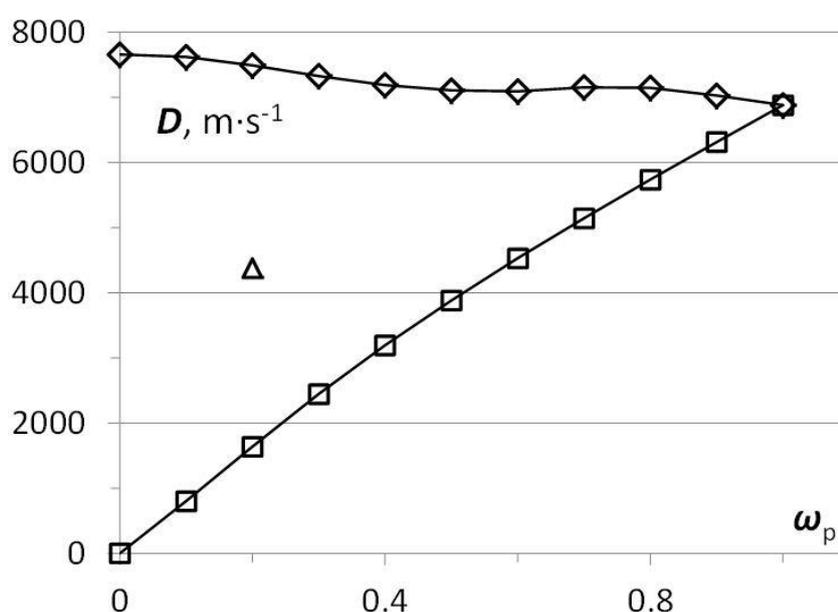


Рис. 9. Влияние массового содержания тэна в образцах с ГАТ (ромбы) и в образцах с балластом (квадраты) плотностью 1.33 г/см³ на скорость детонации. Треугольник – экспериментальный результат из работы [7]

В каждом термохимическом расчете в программе Expro5 определяется химический состав ПД в каждой точке их состояния на ударной адиабате и изэнтропе расширения. Для примера в табл. 6 приведен состав ПД в точке Жуге для тэна и ГАТ максимальной плотности и для смесей тэна с ГАТ либо с балластом равного массового содержания (50/50) плотностью 0.80 г/см³. Здесь показаны продукты детонации, содержание которых превышает 0.0001 мол %.

Табл. 6. Состав продуктов детонации в точке Жуге для тэна и ГАТ максимальной плотности и смесей тэна с ГАТ и с балластом равного массового содержания (50/50) плотностью 0.80 г/см³

PETN		HAT		PETN50/HAT50		PETN50/Ballast50	
Product	Mol %	Product	Mol %	Product	Mol %	Product	Mol %
CO ₂	30.5012	N ₂	60.2555	N ₂	37.7922	SiO ₂ (s)	32.3648
H ₂ O	29.3048	NH ₃	23.1330	CO	19.4065	H ₂ O	23.1255
N ₂	20.0896	CH ₄	10.4076	H ₂ O	18.0791	CO ₂	19.8799
CH ₂ O ₂	10.6971	C ₂ H ₆	5.0478	H ₂	15.9791	N ₂	12.2946
CO	9.1296	H ₂	1.1423	CH ₄	3.6194	CO	10.8425
H ₂	0.1611	C ₂ H ₄	0.0088	NH ₃	2.1480	H ₂	1.4205
NH ₃	0.0689	N ₂ H ₄	0.0040	CO ₂	1.6190	CH ₂ O ₂	0.0319
HCN	0.0255	HCN	0.0010	HCN	0.7330	OH	0.0163
NO	0.0102			C ₂ H ₄	0.2252	NH ₃	0.0094
O ₂	0.0046			CH ₂ O ₂	0.1905	H	0.0068
CH ₄	0.0020			C ₂ H ₆	0.1733	NO	0.0053
O	0.0019			CH ₃ OH	0.0129	HCN	0.0010
H	0.0011			H	0.0116	CH ₂ O	0.0008
OH	0.0011			CH ₂ O	0.0093	O ₂	0.0004
CNO	0.0005			OH	0.0006	O	0.0001
CH ₃ OH	0.0003			NO	0.0002	SiO ₂ (l)	0.0001
NO ₂	0.0003			N ₂ H ₄	0.0001	CH ₄	0.0001
N ₂ H ₄	0.0001						
N	0.0001						
CH ₂ O	0.0001						

На основании получаемых таким образом расчетных результатов процесс определения непрореагировавшей части ГАТ становится довольно простым, в чем мы уверимся при последующем рассмотрении. Наиболее полные экспериментальные результаты по определению скорости детонации были получены для смесей тэна и ГАТ плотностью 0.80 г/см³. Эти результаты показаны на рис. 7 в сопоставлении с результатами расчетов детонации смесей тэна с ГАТ и смесей тэна с балластом из диоксида кремния. Зависимость экспериментальной скорости детонации от массового содержания тэна является достаточно монотонной, что дает возможность дополнить ее парой расчетных точек для значений $\omega_p = 0.3$ и 0.5 . Для рассмотрения возможностей подобной аппроксимации и близкой экстраполяции рассмотрим две двухпараметрические зависимости из программы Excel, логарифмическую и степенную. Эти аппроксимационные зависимости, построенные по трем экспериментальным точкам, показаны на рис. 10, 11. Наиболее подходящей принимается логарифмическая зависимость, на основе которой и построены две дополнительные точки для скорости детонации. Эти дополнительные точки приведены на рис. 10. Для массового содержания тэна $\omega_p = 0.3$ и 0.5 они дают значения скорости детонации 4330 и 4732 м/с.

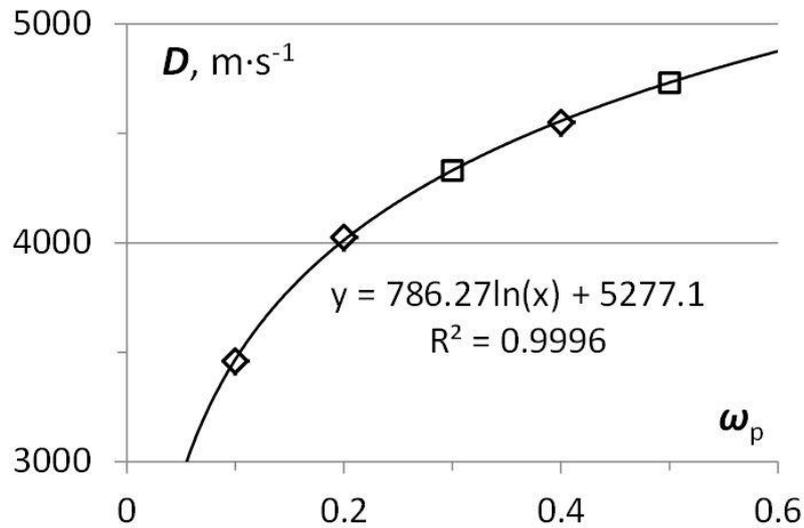


Рис. 10. Аппроксимация трех экспериментальных точек (ромбы) по скорости детонации в смеси тэна и ГАТ плотностью 0.80 г/см^3 логарифмической зависимостью и добавление двух дополнительных точек для массового содержания тэна 0.3 и 0.5 (квадраты)

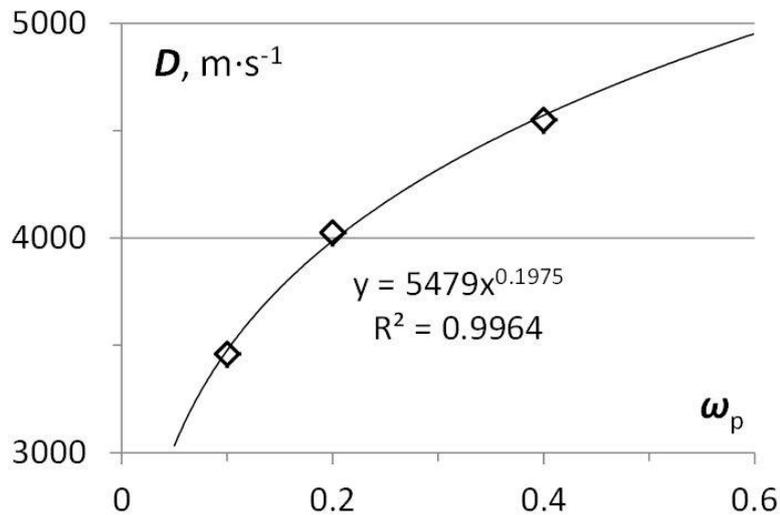


Рис. 11. Аппроксимация трех экспериментальных точек по скорости детонации в смеси тэна и ГАТ плотностью 0.80 г/см^3 степенной зависимостью

Теперь для всех рассмотренных значений скорости детонации смесей тэна с ГАТ определим массовое содержание непрореагировавшей доли ГАТ. Для этого в окрестности рассматриваемого экспериментального значения скорости детонации проводим несколько расчетов скорости детонации для различных значений массового содержания ГАТ ω_h , или для однозначно связанных с ними значений массового содержания балласта ω_b , которые мы и принимаем за массовое содержание непрореагировавшего ГАТ. Результаты подобных расчетов для смесей тэн+ГАТ+балласт плотностью 0.80 г/см^3 приведены на рис. 12-16.

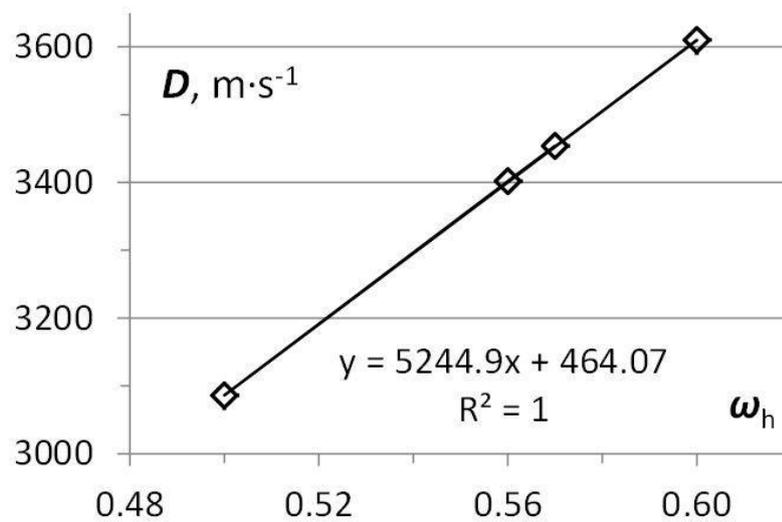


Рис. 12. Зависимость скорости детонации смеси тэн+ГАТ+балласт плотностью 0.80 г/см^3 с 0.1 массового содержания тэна от массового содержания ГАТ

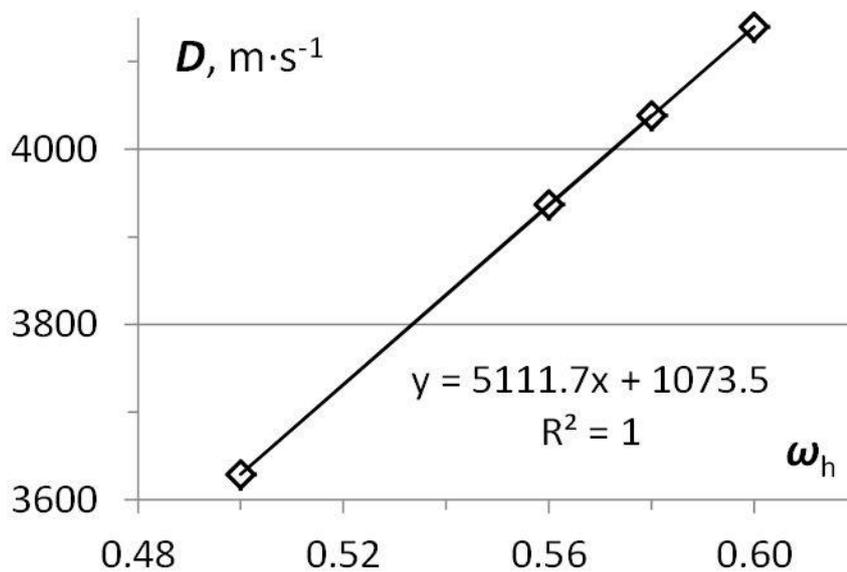


Рис. 13. Зависимость скорости детонации смеси тэн+ГАТ+балласт плотностью 0.80 г/см^3 с 0.2 массового содержания тэна от массового содержания ГАТ

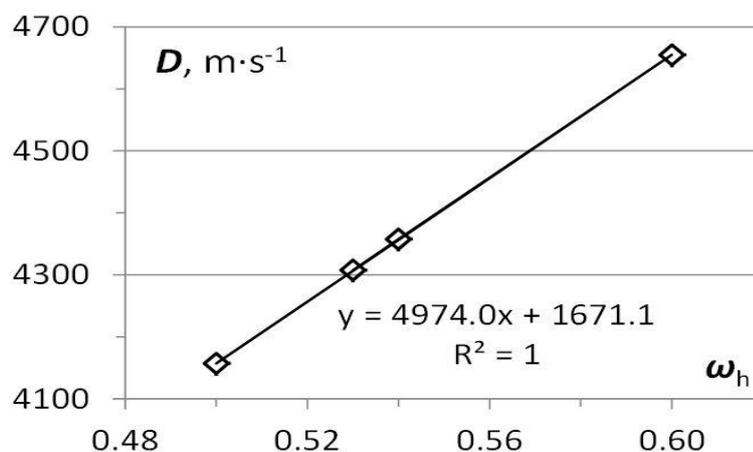


Рис. 14. Зависимость скорости детонации смеси тэн+ГАТ+балласт плотностью 0.80 г/см^3 с 0.3 массового содержания тэна от массового содержания ГАТ

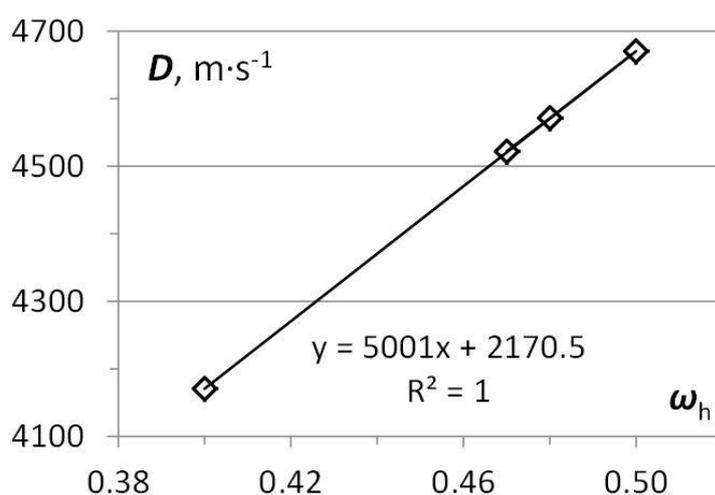


Рис. 15. Зависимость скорости детонации смеси тэн+ГАТ+балласт плотностью 0.80 г/см^3 с 0.4 массового содержания тэна от массового содержания ГАТ

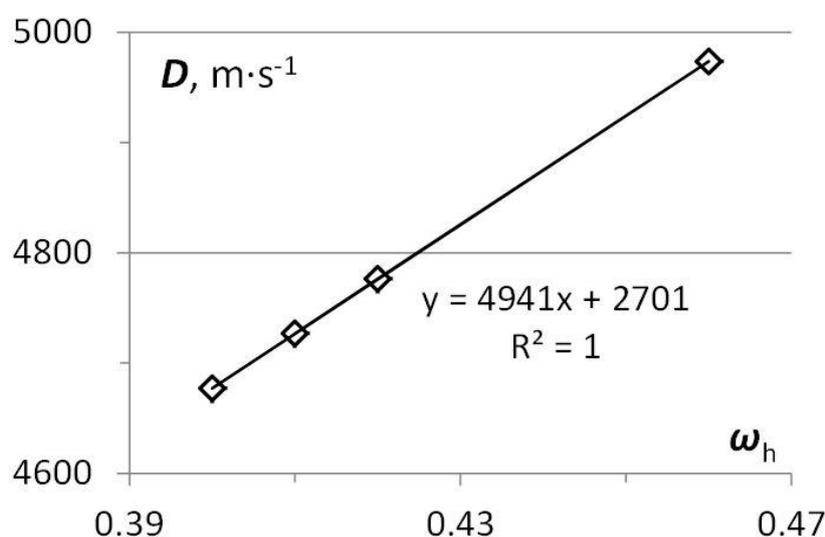


Рис. 16. Зависимость скорости детонации смеси тэн+ГАТ+балласт плотностью 0.80 г/см^3 с 0.5 массового содержания тэна от массового содержания ГАТ

На основании полученных линейных зависимостей расчетной скорости детонации от массового содержания прореагировавшего в детонационной волне ГАТ могут быть определены массовые содержания балласта, соответствующие полученным экспериментальным значениям скорости детонации. Зависимость этого массового содержания балласта от массового содержания тэна в смеси тэн+ГАТ+балласт плотностью 0.80 г/см^3 приведена на рис. 17. Хорошим подтверждением правильности этой зависимости является ее вполне корректная экстраполяция при увеличении значения ω_p .

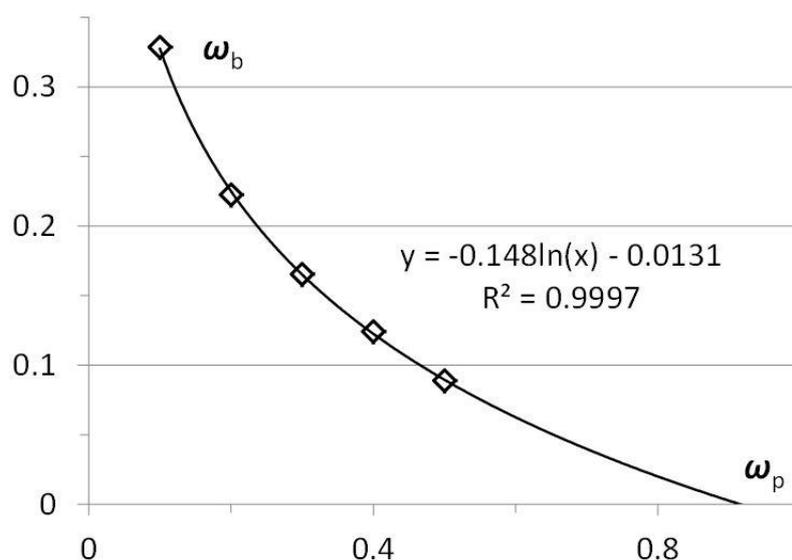


Рис. 17. Зависимость массового содержания непрореагировавшего ГАТ от массового содержания тэна для смеси тэн+ГАТ плотностью 0.80 г/см³

Результаты подобных расчетов для смесей тэн+ГАТ+балласт с массовым содержанием тэна 0.2 и плотностью 1.11 г/см³ приведены на рис. 18. На основании полученной линейной зависимости расчетной скорости детонации от массового содержания прореагировавшего в детонационной волне ГАТ может быть определено массовое содержание балласта, соответствующее полученному экспериментальному значению скорости детонации 4600 м/с. Полученное таким образом значение ω_b составило 0.324, что в принципе и определяет массовое содержание непрореагировавшего ГАТ.

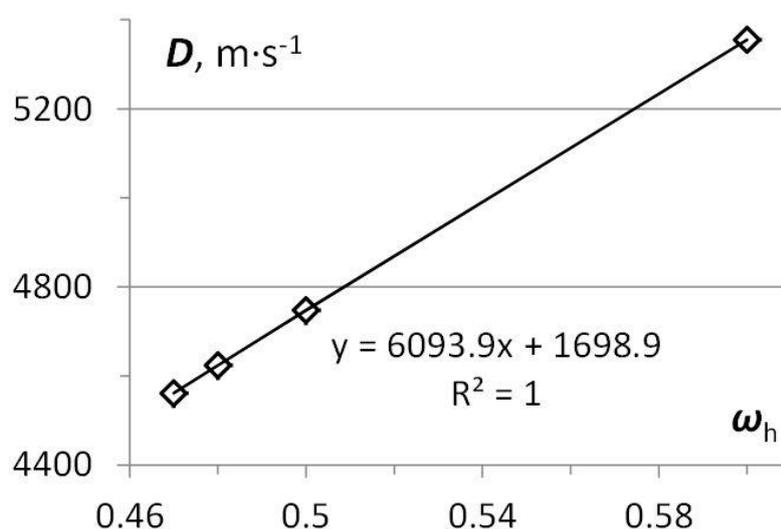


Рис. 18. Зависимость скорости детонации смеси тэн+ГАТ+балласт плотностью 1.11 г/см³ с 0.2 массового содержания тэна от массового содержания ГАТ

Результаты расчетов для смесей тэн+ГАТ+балласт с массовым содержанием тэна 0.2 и плотностью 1.33 г/см³ приведены на рис. 19. На основании полученной линейной зависимости расчетной скорости детонации от массового содержания прореагировавшего в детонационной волне ГАТ может быть определено массовое содержание балласта, соответствующее полученному экспериментальному

значению скорости детонации 4380 м/с. Полученное таким образом значение ω_b составило 0.470, что в принципе и определяет массовое содержание непрореагировавшего ГАТ.

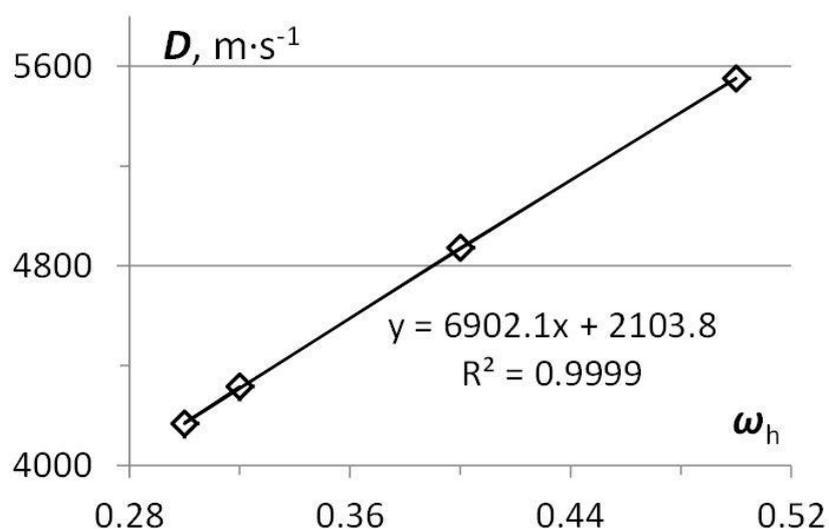


Рис. 19. Зависимость скорости детонации смеси тэн+ГАТ+балласт плотностью 1.33 г/см³ с 0.2 массового содержания тэна от массового содержания ГАТ

Экспериментальная зависимость скорости детонации смеси тэн+ГАТ с 0.2 массового содержания тэна от плотности (ромбы) приведена на рис. 20. Существенное снижение экспериментальной скорости детонации для плотности 1.33 г/см³ по сравнению со значением для плотности 1.11 г/см³ не совсем понятно. Оно может быть вызвано рядом причин, и необязательно основанных на физико-химических явлениях. К этому может привести даже недостаточно тщательное перемешивание порошков тэна и ГАТ. Поэтому с окончательным выводом в этом случае следует повременить. На этом рисунке также показана экстраполяция результатов по скорости детонации для плотностей 0.80 и 1.11 г/см³ на плотность 1.33 г/см³ (квадрат). В этом случае значение скорости детонации будет составлять 5008 м/с, а соответствующее ей значение ω_b составит 0.379.

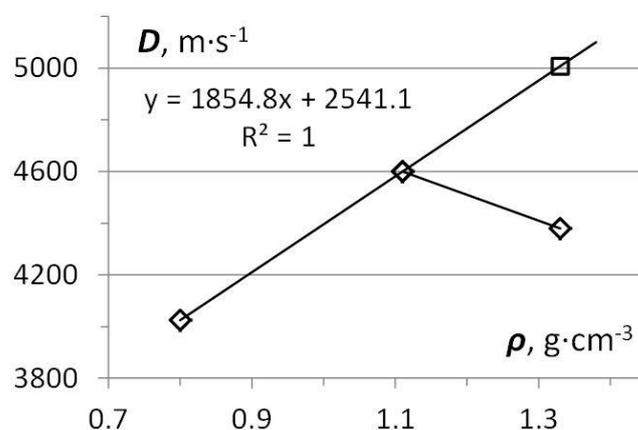


Рис. 20. Экспериментальная зависимость скорости детонации смеси тэн+ГАТ с 0.2 массового содержания тэна от плотности (ромбы) и экстраполяция результатов для плотностей 0.80 и 1.11 г/см³ на плотность 1.33 г/см³ (квадрат)

Заключение

Результаты выполненного в работе расчетного термодинамического изучения детонационных характеристик смесей гидразиновой соли 5-аминотетразола (ГАТ) с тэном позволяют достаточно корректно оценить доли неразложившегося ГАТ при различных содержаниях тэна и различных плотностях смеси. В основу предложенного и реализованного метода было заложено предположение, что доля неразложившегося ГАТ может быть заменена балластным материалом, не взаимодействующим существенным образом с продуктами детонации детонирующих взрывчатых веществ.

Литература:

1. Fischer N., Klapötke T.M., Scheutzw S., Stierstorfer J. Hydrazinium 5-aminotetrazolate: an insensitive energetic material containing 83.72% nitrogen. // CEJEM. – 2008. – Vol. 5, No. 3-4. – P. 3-18.
2. Klapötke T.M. Chemistry of High-Energy Materials: 4th Edition. – Berlin: Walter de Gruyter GmbH, 2017. – 376 p.
3. Jenkins H.D.B., Tudela D., Glasser L., Lattice potential energy estimation for complex ionic salts from density measurements // Inorg. Chem. . – 2002. . – Vol. 41, No. 9. . – P. 2364-2367.
4. Sućeska M. EXPLO05. Version 6.06 User's Guide. – Zagreb, Croatia, 2021. – 197 p.
5. Tao G.-H., Guo Y., Joo Y.-H., Twamley B., Shreeve J.M.. Energetic nitrogen-rich salts and ionic liquids: 5-aminotetrazole (AT) as a weak acid // J. Mater. Chem. 2008. – Vol.18, Iss. 45. – P. 5524-5530.
6. Astachov A.M., Antishin D.V., Tamashkov V.O. On the calculated detonation parameters of some oxygen-free explosives // Proc. XXI Int. Seminar "New Trends in Research of Energetic Materials". – Pardubice, Czech Republic, 2019. – P. 291-299.
7. Astachov A.M., Tamashkov V.O., Antishin D.V. Studies of the detonation ability of the hydrazine salt of 5-aminotetrazole // Proc. XXII Int. Seminar "New Trends in Research of Energetic Materials". – Pardubice, Czech Republic, 2020. – P. 288-295.
8. Stull D.R., Westrum E.F., Sinke G.C. The Chemical Thermodynamics of Organic Compounds. New York: John Wiley & Sons, 1969. 865 p.
9. Голубев В.К. О скорости детонации смесей гидразиновой соли 5-аминотетразола с тэном [Электронный ресурс] // SCI-ARTICLE.RU. – 2021. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1628885048> (дата обращения: 14.08.2021).

ЖУРНАЛИСТИКА, МАРКЕТИНГ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОВЕРИЯ КЛИЕНТОВ КОМПАНИИ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ INSTAGRAM

Пятигорская Полина Николаевна

Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых
студент

Научный руководитель: Смыслова Лариса Владиславовна, старший преподаватель кафедры «Журналистика, реклама и связи с общественностью», Владимирский Государственный Университет им.А.Г. и Н.Г. Столетовых

Ключевые слова: социальная сеть Instagram; формирование доверия клиентов

Keywords: social network Instagram; building customer trust

Аннотация: В статье рассматривается социальная сеть Instagram как современный PR–инструмент. Особое внимание уделяется способам формирования доверия клиентов через социальную сеть Instagram. На основании этих способов анализируется профиль компании в сфере общественного питания McDonald's и дается оценка их работе по формированию доверия в социальной сети Instagram.

Abstract: The article considers the Instagram social network as a modern PR tool. Special attention is paid to ways of building customer trust through the social network Instagram. Based on these methods, the profile of the company in the field of McDonald's catering is analyzed and their work on building trust in the social network Instagram is evaluated.

УДК 659.4

Актуальность. Сегодняшний мир невозможно представить без социальных сетей. В настоящее время социальная сеть Instagram занимает одно из лидирующих мест по популярности. Теперь эта площадка не только несет в себе развлекательный контент, но и выполняет функцию PR–инструмента: формирует доверие клиентов компании.

Цель исследования. Изучение способов формирования доверия клиентов компании в социальной сети Instagram.

Для достижения вышеуказанной цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Изучить роль и возможности социальных сетей как PR –инструмента для формирования доверия клиентов компании.
2. Изучить способы и возможности социальной сети Instagram как PR – инструмента для формирования доверия клиентов компании.
3. Рассмотреть PR–деятельность McDonald's в социальной сети Instagram по формированию доверия клиентов.

4. Оценить эффективность PR–деятельность McDonald’s в социальной сети Instagram по формированию доверия клиентов.

Научная новизна заключается в определении новых способов формирования доверия клиентов в социальной сети Instagram.

Научная разработанность. Изучением формирования доверия клиентов через социальные сети изучал не один специалист. Ю. Безбородова А. Елисеева, Е. Долгина выявили главную задачу PR–инструмента [1], Н. Киселев определил понятие социальных сетей [2], Козырьков В. П., Ушакова Я. В., Шалютина Н. В. занимались изучением особенностей формирования доверия к информации в медиасетях.

Главной задачей любого PR–инструмента является «формирование доверия к источнику информации, что в значительной степени усиливает эффект от применения других инструментов маркетинговых коммуникаций». [1, С.2]

PR–инструмент–это различные методы и средства, которые применяются в сфере связей с общественностью с целью достижения определенных PR– целей.

Таким образом, PR–инструменты используются для работы по формированию доверия клиентов к компании или личности.

Одним из инструментов PR– деятельности выделяют социальные сети. «Социальная сеть — интерактивный многопользовательский сайт, контент которого наполняется самими участниками сети. Это сайт с возможностью указания информации о себе (дата рождения, школа, вуз, любимые занятия и т. д.), по которой аккаунт пользователя становится доступным для виртуальных друзей и других посетителей сайта». [2, С.18]

На сегодняшний день практически у каждой компании есть свой аккаунт в Instagram. Но далеко не каждая компания ведет там эффективную работу по формированию доверия клиентов. Самостоятельное продвижение компания в Instagram— «эффективный способ продвижения бизнеса и поиска новых клиентов.» [3, С.1] Для недопущения провалов организации в этом деле, необходимо применять основные PR–способы для формирования и укрепления доверия со стороны клиентов.

Как PR–инструмент социальные сети без особого труда могут создавать условия для формирования доверия к источнику информации, ведь через эту площадку можно многое сказать о человеке или компании. Эти слова можно подтвердить следующими положениями:

- во-первых, создавая профиль в любой социальной сети, приходится указывать точную информацию о себе: пол, возраст, семейное положение, место проживания, место учебы и т.д. Если страница полностью заполнена, то некое доверие уже возникает, т.к. какие-то данные об объекте уже известны.
- во-вторых, социальные сети дают возможность делиться своей жизнью через фото или видео. Наглядные действия всегда вызывают доверие, поскольку фото и видео можно считать доказательством действий компании.
- в-третьих, в социальных сетях есть явная обратная связь: существуют подписчики, «лайки», а в некоторых еще и «дизлайки». Подписчики – это те пользователи, которые подписаны на профиль и следят за ним. «Лайки» и

«дизлайки»– это функция, которая показывает отношение пользователей к тому или иному контенту. Т.к. их ставят реальные люди, то можно видеть, сколько человек поддерживают личность или компанию. Большое внимание нужно уделить такой функции как комментарии, которые оставляют реальные люди, выражающие свое впечатление или эмоции относительно товаров или услуг компании. Степень доверия или недоверия к информации может повыситься и в ходе общения и дискуссии в группах сетевых друзей. [4, С.7] Если большинство комментариев положительных, то и уровень доверия будет высоким.

Если рассматривать социальную сеть Instagram, то она имеет ряд возможностей, которые бы повлияли на формирование доверия клиентов компании. Одной из таких возможностей является то, что в нее нельзя зайти без собственного аккаунта. Чтобы произвести регистрацию, нужно подтверждение электронной почты. Это говорит о том, что зарегистрироваться в Instagram может только реальный человек. Кроме этого, предлагается заполнить шапку профиля - это небольшая информация о компании, которая размещена под главной фотографией.

Instagram все больше способов вводит для публикации видео и фото материалов на своем аккаунте. Изначально это были просто публикации в профиле, потом начали добавляться сторис, которые активны только 24 часа, затем эти сторис стало можно делать актуальными, то есть они не исчезали бы через сутки. Добавились прямые эфиры и видео IGTV. И совсем недавно в Instagram появились reels, с помощью которых продвижение аккаунта стало легче и самое последнее нововведение– теперь в профиль можно выкладывать часовые видео. Некоторые эти функции могут заменить другие социальные сети.

В социальной сети Instagram активно работает обратная связь, а именно комментарии, лайки, ответы на сторис, проведение опросов, тестов. Через эти функции можно легко узнать мнение аудитории.

За ближайшие 3–4 года заметна одна тенденция Instagram– эта социальная сеть стала больше приближаться к жизни, которая происходит в данный момент. Появилась функция «Истории», где выложенный материал виден только 24 часа. Кроме этого, прямые эфиры, которые так же ведутся в режиме реального времени.

Еще одной возможностью социальной сети Instagram как PR– инструмента является синяя галочка. Она обозначает то, что аккаунт официальный и подтвержденный. Эту галочку получить не так просто. Во–первых, нужно не нарушать основные правила Instagram, а, во–вторых, существует критерии, которые позволяют получить этот статус: аутентичность (вести профиль должен реальный человек, торговая марка или бренд), уникальность (должна быть только одна учетная запись), полнота информации (заполненный профиль) и популярность (только известные компании или организации могут получить эту галочку).

Много компаний используют Instagram в своих целях PR– деятельности. Одной из таких компаний является McDonald's. McDonald's, крупнейшая в мире компания в сфере общественного питания. Для анализа мы возьмем российский аккаунт McDonald's.

В сети Instagramони выбрали ник: mcdonalds_rus. Прочитав его, сразу понятно, что это аккаунт «Макдональдса» в России. Важным моментом является синяя галочка рядом с ником аккаунта.

Зайдя в их профиль, мы можем заметить большое количество публикаций. Это сразу говорит о том, что аккаунт живой. На главной фотографии стоит логотип компании, который придает узнаваемость аккаунту.

В шапке профиля указано их название по-русски, категория и ссылка на мобильное приложение. В Instagram можно выбрать ник только на английском языке, поэтому указание названия по-русски– правильное решение, т.к. кто-то может не знать английского и аккаунт будет не понятен. Категория– это иными словами сфера деятельности аккаунта. Здесь указано– «Еда и напитки». Через эти данные, во-первых, будет ясно, на чем компания специализируется, а во-вторых, если человеку нужно будет найти место, где можно перекусить и будет искать его в Instagram, то ему будет сразу показан профиль McDonald's. Ссылка на мобильное приложение дает дополнительную информацию.

После этого идет информация о способах связи. Это очень важные элементы, поскольку компания дает возможность связаться с ней– это показывает ее открытость расположение к общению. У McDonald's указаны три способа: «Написать»– то есть отправить сообщение в Direct(личные сообщения), «Заказ еды»– эта кнопка переносит на сайт, где можно онлайн сделать заказ и «Электронное письмо»– можно отправить сообщение на почту. Это очень удобные способы связи, но все– таки не хватает кнопки позвонить, т.к. через сообщения не всегда могут решить проблемы. Особое внимание хочется уделить кнопке «Заказ еды». В какой-то степени это упрощает процесс заказа еды, т.к. официальный сайт дает ссылку на место, где можно быстро оформить заказ и быть уверенным, что это не мошенники, например.

Следующее, что хочется рассмотреть– это сами публикации, то есть фото и видео на аккаунте. Их выкладывают 1–2 раза в день– опять же это доказывает, что аккаунт живой. McDonald's активно использует различные способы публикации: сторис, reels,IGTV. Все публикации выполнено в едином цвете и тщательно подобраны. Это создает визуал аккаунту и делает его привлекательным.

Под каждой публикацией есть пост– небольшая информация, которая сопровождает фото или видео. Таким способом компания ведет общение с аудиторией: рассказывает о новинках, поздравляет с праздниками, спрашивает мнение и т.д. Кроме постов, McDonald's общается со своей аудиторией через опросы, которые устраивает в своих сторис. В опросах люди выбирают, какой соус вкусней, что добавить в меню и т.п. Сторис– это функция, которая позволяет выкладывать фото или короткие видео всего на 24 часа, после истечения этого времени они исчезают, если не добавлять их в актуальные сторис. Актуальные сторис– это фото и видео, которые прикреплены выше публикаций. Их можно объединять по тематике. У McDonald's есть «Новинки и акции», «Качество», «МакДоставка». В этих сторис можно быстрее найти нужную информацию, например, про доставку, нежели в постах. Но McDonald's не так часто использует сторис, как посты, хотя, если смотреть по тенденциям Instagram, то сторис сейчас–это очень важно для развития аккаунта, т.к. эта функция ассоциируется с настоящей жизнью, нежели посты, которые в основном делают постановочно и тратят много часов на обработку.

Большое внимание стоит уделить обратной связи. Каждый пост собирает тысячи «лайков» и несколько десятков или сотен комментариев. Это показывает то, что у компании есть реальные клиенты, которые готовы поделиться своим отзывом. Важным момент является то, что McDonald's старается ответить на каждый комментарий, а это значит, что организация уделяет внимание своим посетителям.

Проанализировав использование McDonald's социальной сети Инстаграм в качестве PR– инструмента, можно выделить следующие действия, которые применяет компания для формирования доверия:

1. Ежедневное ведение профиля: публикация фото или видео, сторис, ответы на комментарии и т.д. Заполненному и живому профилю сложнее вызвать недоверие.
2. Синяя галочка. Только после соблюдения вышеперечисленных правил «Макдональдс» мог получить это подтверждение. Следовательно, риск мошенничества исключен.
3. Предоставление способом связи. Это говорит о том, что компания готова на взаимодействие.
4. Открытая обратная связь. Любой человек может видеть, сколько людей обращаются к этой компании за товарами и прочитать их отзывы и впечатления.

Таким образом, социальная сеть Instagram является эффективным способом формирования доверия клиентов компании. Любым организациям важно иметь свой профиль в Instagram. Самое главное для в формировании доверия клиентов компании - быть открытыми, общаться со своими подписчиками и активно вести свою страницу.

Литература:

1. Безбородова Ю., Елисеева А., Долгина Е. Эффективные инструменты PR в профессиональной деятельности PR–специалиста, 2016. № 15 С. 60–64.
2. Данченко Л. А. Маркетинг в социальных медиа. Интернет–маркетинговые коммуникации, СПб.: Питер, 2013.– 288 с.
3. Козырьков В. П., Ушакова Я. В., Шалютина Н. В. Особенности формирования доверия учащейся молодежи к информации в медиасетях. — Социологическая наука и социальная практика, 2021. Т. 9. № 2. С. 131–146.
4. Лебедева Т. Е., Прохорова М. П. Потенциал социальной сети Инстаграм в продвижении компании, 2018. Т. 2. № 7. С. 45– 51.