Science and Practice: new Discoveries

Proceedings of materials the international scientific conference
Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 24-25 October 2015

Science and Practice:

new Discoveries

Proceedings of materials the international scientific conference

Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 24-25 October 2015

Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Kirov, 2015

UDC 001
BBK 72
N 76

Scientific editors:

Shvec Irina Mihajlovna, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Biophysics of the Nizhny Novgorod State University named N.I. Lobachevskij

Ismagilova Larisa Alekseevna, doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Business Economics of the Ufa State Aviation Technical University

Gur'eva Valentina Andreevna, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology, Medical University of Altai

Telegina Elena Aleksandrovna, Doctor of Economics, professor, Dean of the department of International Energy Business, Russian State University of Oil and Gas named I.M. Gubkin

Sedenko Vasilij Igorevich, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of Fundamental and Applied Mathematics, Rostov State University of Economics

N 76 Science and Practice: new Discoveries: Proceedings of materials the international scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 24-25 October 2015 [Electronic resource] / Editors prof. I.M.Shvec, L.A.Ismagilova, V.A.Gur'eva, E.A.Telegina, V.I.Sedenko. – Electron. txt. d. (1 файл 13 MB). – Czech Republic, Karlovy Vary: Skleněný Můstek – Russia, Kirov: MCNIP, 2015. – ISBN 978-80-7534-046-7 + ISBN 978-5-00090-083-3.

Proceedings includes materials of the international scientific conference « Science and Practice: new Discoveries", held in Czech Republic, Karlovy Vary-Russia, Moscow, 24-25 October 2015. The main objective of the conference - the development community of scholars and practitioners in various fields of science. Conference was attended by scientists and experts from from Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Poland, Russia, Ukraine. International scientific conference was supported by the publishing house of the International Centre of research projects.

ISBN 978-80-7534-046-7 (Skleněný Můstek, Karlovy Vary, Czech Republic)
ISBN 978-5-00090-083-3 (MCNIP LLC, Kirov, Russian Federation)

Articles are published in author's edition. Editorial opinion may not coincide with the views of the authors
Reproduction of any materials collection is carried out to resolve the editorial board

© Skleněný Můstek, 2015
© MCNIP LLC, 2015

Table of Contents

Section 1. Physico-mathematical science 13

Острик А.В., Казанцев А.М. Научно-методический аппарат для оценки перспектив космического эксперимента при ударе астероида APOPHIS по поверхности Луны..... 14

Кошур В.Д. Эвристический мультиагентный метод глобальной оптимизации с повышенным роевым интеллектом 25

Моисеева Е.С., Бекетаева А.О. Математическое моделирование сверхзвукового течения при наличии поперечного вдува струи с применением k-ω модели турбулентности..... 35

Павлюченко К.Г., Седенко В.И. Теорема существования слабых решений полных моделей Мергера-Власова термоупругих колебаний пологих оболочек с шарнирным закреплением края оболочки..... 43

Кутняк А.О., Седенко В.И. Некоторые вопросы глобальной по времени разрешимости моделей Мергера-Власова термоупругих колебаний пологих оболочек с малой инерцией продольных перемещений с шарнирным закреплением края оболочки 49

Section 2. Chemical science 55

Груба О.Н., Германюк Н.В., Рябухин А.Г. Расчеты стандартной энтальпии образования оксидов и сульфидов щелочноземельных металлов..... 56

Section 3. Biological Sciences 62

Пруцкова Н.П., Селивёрстова Е.В. Влияние белковой нагрузки на реабсорбцию белка в почечных канальцах лягушки..... 63

Slavgorodski A. Collecting and drying herbarium samples between spunbond sheets 74

Section 4. Technical science 86

Демидчик Н.Н. Разработка приложений в среде Visual Studio.net..... 87

Калачук Т.Г. Изменение коэффициента пористости неводонасыщенных (лессовых) глинистых грунтов во времени при одномерном уплотнении 98

Лившиц А.В. Автоматизация научных исследований высокочастотной обработки полимеров 106

Масик И.П. Основы ситуационного подхода в управлении судном..... 115

Ошорова В.В., Чеботаев А.А., Ивахненко А.М., Ивахненко А.А. Исследование эффективности транспортной подвижности жителей мегаполисов при использовании различных видов транспорта на городских маршрутах 118

Пестряков И.И., Петров О.Н., Стрелкин Ю.В., Чернышев Д.А. Зависимость теплопроводности стекломагнезитовых листов от влажности..... 127

Абрамов В.В., Ракунов Ю.П. О механизме контактного взаимодействия сверхтвердого инструмента с металлами в процессе их финишной обработки 137

Yushkov B., Sergeev A. On the clay soil freezing and water migration in the pavement design 149

Смолко В.А., Антошкина Е.Г. Химический и термогравиметрический анализы бентонитовых глин различных месторождений..... 161

Фомин В.М., Самсонов С.А. Повышение эффективности использования энергии альтернативных топлив 169

Section 5. Historical Sciences and archaeology 181

Жданова С.Ю., Печеркина А.В., Полякова С.В. Репрезентация образа войны в фильмах о Великой Отечественной войне 182

Тяпкина Т.Ю. Исторические аспекты становления и развития системы социального обслуживания в России 190

Section 6. Economic science 200

Monika Hamerska, Paweł Lula The quantitative analysis of scientific development of research units in Poland. A case study of the Cracow University of Economics 201

Абдуматов К.А. Концепция развития финансового банковского контроля 212

Авксентьев Н.А. Экономические потери России от смертности населения 222

Астафьева О.А. Особенности рынка услуг гостеприимства и его конкурентоспособности 231

Бодункова А.Г., Черная И.П. Предпринимательская культура как фактор развития опорных региональных вузов 237

Брилка М.С. США как страна-лидер в инновационной сфере: экономико-правовой аспект 246

Васина М.Ю. Расстановка международных центров сил на мировой финансовой арене в условиях глобальных финансовых дисбалансов . 256

Видищева Е.В., Потапова И.И. Социально-экономические последствия безработицы в мире на современном этапе 263

Eliseeva T.P., Ezhova I.M. On the question of reducing anthropogenic influences in the natural environment 274

Зайцева Е.И. Участие и значение правительства в кластеризации 280

Исмагилова Л.А., Ситникова Л.В. Методологический подход к анализу экономических процессов в условиях санкционных возмущений 290

Истратий А.Ю., Козлова Е.Г. Особенности трудовой мотивации молодых специалистов: организационный аспект 295

Попова Е.М., Квеквескири С.Г. Суверенный рейтинг россии, динамика его изменения и факторы влияния 302

Комиссарова М.А., Пенюшин С.Н. Использование процессного подхода к управлению отечественными химическими предприятиями 312

Коршунова А.А. Классификация мошеннических действий в сфере строительства по методам обнаружения и центрам ответственности. 319

Краев В.Н. Сравнение моделей прогнозирования сезонных колебаний (на примере автомобильного транспорта) 327

Ларин Д.С., Попова Е.М. Особенности организации системы ПОД/ФТ США (American AML/CFT system key features) 337

Лукичева А.О., Панов А.Н. Проблемы менеджмента в высшей школе России на примере управления профессорско-преподавательским составом вузов 346

Масленникова Л.В., Голубева А.В. Концепции маркетингового управления в условиях глобализации 355

Мильчакова Н.Н., Козлова А.В. Экономика знаний как качественно новый вектор развития общества 365

Миронова К.А. Применение теории длинных волн Кондратьева в лизинге 373

Михайлова А.Д. Тенденции развития российской и мировой нефтепереработки в среднесрочной перспективе 383

Пионткевич Н.С. Методика реализации процессов корпоративной системы управления рисками организации 393

Полаева Г.Б., Тыртышова Д.О., Иллерицкий Н.И. Инновационно-технологическое сотрудничество государств ЕАЭС в энергетической сфере 405

Поташова И.Ю., Селиверстова М.А. К вопросу о производительности труда в Российской Федерации 416

Савенков К.А. Особенности опыта малых стран Евросоюза при формировании модели национальной инновационной системы Латвии 424

Саулембекова А.К. Основные направления дальнейшего развития потенциала денежно-валютного рынка Республики Казахстан 435

Селиверстова М.А., Поташова И.И. Развитие рынка потребительского кредитования в современных условиях 447

Соколова А.В. Влияние секторальных санкций на политику импортозамещения в ТЭК России 458

Солопенко Е.В., Калайда С.А. Элементы маркетинговой стратегии страховой компании 468

Страдиня С.А. Формирование инновационного потенциала развития экономики Латвии 472

Телегина Е.А. Новая парадигма будущего развития мировой энергетики 483

Телегина Е.А., Халова Г.О., Студеникина Л.А. Энергетическая интеграция государств Евразийского экономического союза: задачи, цели и перспективы развития 492

Федорова В.А. Современное состояние и перспективы развития мирового рынка сжиженного природного газа 505

Федорова М.А., Радюкова Я.Ю., Суслин Н.А., Черкашнев Р.Ю. Стратегия развития платежной системы России как условие обеспечения экономической безопасности страны 517

Чекан А.А., Жураховская И.М., Матюнин Л.В., Шолотонова Е.С. Оценка эффективности рекрутинга персонала 522

Шапиро И.Е. Предэкспортное финансирование в российской практике, в условиях текущих экономических санкций 531

Samostroenko G.M., Shatokhina O.V. Marketing data system organization – industrial park effectiveness economic imperative 540

Section 7. Philology 545

Котюрова М.П., Млинарова Б. Перевод художественного текста в дискурсивном аспекте (на материале перевода рассказа А.П.Чехова «Толстый и тонкий» с русского языка на словацкий) 546

Лобковская Л.П. Ключевые понятия в современной музыкальной лексике 553

Шихалиева С.Х., Джелилова С.Р. Концепт паронимии и аспект моделирования 564

Section 8. Pedagogical science 571

Калачев Н.В., Орел О.Е., Постовалова Г.А. Методические особенности преподавания курса математического анализа студентам Финансового университета, обучающимся по программе второго диплома 572

Атяскина Т.В. Электронные ресурсы как средство ускорения формирования умений самообразования будущих техников-программистов 581

Багадаева О.Ю. Вопрос педагога как критерий оценки качества образовательной деятельности на занятиях с детьми дошкольного возраста 587

Евдокимова Н.В., Бирюков Н.Г. Конвергенция иноязычного дискурса с образовательной средой: функционально-коммуникативный аспект 595

Бурина Н.С. Особенности преподавания менеджмента: очная, заочная, вечерняя формы обучения 605

Виницкая А.В. Модификационные инновации в деятельности общественных объединений по формированию экологической культуры детей и подростков 609

Горшкова В.В., Лебедева С.С. Социокультурный контекст непрерывного андрагогического образования 615

Егоров П.Р., Егорова Г.Ф. Развитие образовательных ресурсов с применением адаптивных компьютерных технологий 624

Маланов И.А. Влияние образа жизни и кочевой культуры на особенности воспитания детей бурятского этноса..... 630

Фирсова М.М., Соснина Т.В. Социальное партнерство и сетевое взаимодействие при реализации программ профильного образования 641

Хроменков П.А. О полноте и целостности профессионально-педагогических знаний студентов вуза 652

Чечель И.Д. Концепция непрерывного профессионального развития педагогов и руководителей российской школы для XXI века..... 660

Швец И.М. Проблемы и перспективы реализации компетентностного подхода в профессиональном биологическом образовании..... 669

Section 9. Medical science 679

Беляева П.Ю., Карпов С.М., Шевченко П.П,. Омельченко Е.И. Современные проблемы острых одонтогенных заболеваний 680

Бережанская С.Б., Беспалова А.И., Черных А.Г., Лукьянова Е.А. Современные представления о нейрохимических механизмах регуляции бодрствования и сна..... 689

Вдовенко-Мартынова Н.Н., Яковлева С.Г., Круглая А.А., Пшукова И.В. Фармакогностическое изучение некоторых представителей флоры Северного Кавказа 706

Владимиров Г.К., Созарукова М.М., Измайлов Д.Ю. Кинетическая хемилюминесценция как метод оценки общей антиоксидантной активности (ОАА) в лекарственном растительном сырье 717

Гурьева В.А., Нелюбова А.Б. Риск гипогалактии и мероприятия оптимизации грудного вскармливания..... 727

Ермолаев П.А., Храмых Т.П., Симонов А.С. Изменение сосудистого тонуса после предельно допустимой резекции печени у крыс..... 740

Elbekyan K.S., Muravyeva A.B., Pazhitneva E.V., Markarova E.V. Melatonin and saliva diagnostics 750

Omelchenko E.I., Karpov S.M., Shevchenko P.P., Belyaeva P.Y. The vertebral artery syndrome: anatomy, clinical presentation & the principles of treatment 754

Сарычева И.Н., Янушевич О.О., Минаков Д.А., Шульгин В.А. Диагностика клиновидных дефектов твердых тканей зубов методом лазерно–индуцированной флуоресценции..... 760

Созарукова М.М., Владимиров Г.К., Измайлов Д.Ю. Мембранно-связанный гемоглобин эритроцитов как возможный источник свободных радикалов 771

Угорелова Е.А., Коркин А.Л. Оценка спектра чувствительности бактерий жёлчи к антибактериальным препаратам у пациентов с заболеваниями жёлчных путей на фоне описторхоза 781

Юрьев В.К., Панунцева К.К. Об организации рентгенологического обследования детей в условиях стационара 790

Section 10. Psychological science 801

Кузнецова В.И., Любченко Д.Б. Управление жизненным циклом сотрудника в организации 802

Арсентьева Е.В. Психологические особенности восприятия красоты у современных финно-угорских народов (на примере мордвы) 812

Артемьева О.В., Музыченко Е.В., Подошвин В.Е. Онлайн консультирование и психологическое время психолога-консультанта 817

Болдинова Т.Н. Особенности копинг-стратегий студентов-психологов 826

Мартынов А.А., Бростыло Е.В. Психологические аспекты формирования лидерского поведения современных руководителей 837

Острик А.А. Диагностика и сопровождение одаренных детей средствами когнитивных технологий 844

Павленко Т.А. Особенности взаимодействия педагога-психолога образовательной организации с семьями обучающихся 853

Полозова Ю.В., Литвинова Н.С. Психологическая диагностика профессиональных компетенций специалиста в сфере социально-культурного сервиса 863

Section 11. Social science 871

Сизикова В.В., Аникеева О.А., Шимановская Я.В., Копнина О.О. Интеграция стандартов социального образования и стандартов профессиональной деятельности в социальной сфере 872

Гришина Е.А. Положение заключенных в современной России: взгляд «изнутри» и экспертные оценки 881

Никольская Е.Ю., Скворцова А.Е. Механизмы использования актуальных методов продвижения гостиничных услуг на современном рынке 892

Турдубаева Э.К. Университеты третьего возраста в Кыргызстане как социальная инновация 902

Section 12. Earth Sciences 909

Викторов С.В. Об эффективности европейских программ обнаружения нефтяных загрязнений Балтийского моря методами дистанционного зондирования 910

Заболотских В.В., Гомоницкая. А.С., Кутмина С.В., Пиянзина А.Ф. Анализ и пути решения проблемы переработки органических отходов на ОАО «ЗПБО» г.о. Тольятти 920

SECTION 1.
PHYSICO-MATHEMATICAL SCIENCE

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ УДАРЕ АСТЕРОИДА APOPHIS ПО ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

ОСТРИК А.В.[1], КАЗАНЦЕВ А.М.[2]

[1]РОССИЯ, ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РАН

[2]УКРАИНА, АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ КИЕВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. ТАРАСА ШЕВЧЕНКО

Аннотация. Ставится задача принципиального изменения орбиты астероида 99942 (Апофис) с прекращением его движения в Солнечной системе. Вместо пассивной тактики спасения от астероидной угрозы предлагается вариант использования астероида для постановки крупномасштабного космического эксперимента по ударному взаимодействию астероида с Луной. Рассматривается научно-методический аппарата для расчетного исследования возможности реализации, поиска и обоснования направлений научного использования этого космического эксперимента.

Ключевые слова: многомерное математическое моделирование, космодинамика астероидов, уравнения состояния грунтов, высокоскоростной удар, механическое действие излучений и частиц, сейсмические волны, строение и состав Луны.

Abstract. The problem of fundamental change of asteroid 99952 (Apophis) orbit aiming the termination of its movement in Solar system is formulated. The variant of use of an asteroid for realization of large-scale space experiment representing impact of asteroid and the Moon is offered instead of passive tactics of salvation from asteroid hazard. The scientific and methodical technology for research of possibility of realization and search and justification of the directions of scientific use of this space experiment is considered.

Keywords: multidimensional mathematical modeling, space dynamics of asteroids, equations of a condition of soil, high-speed blow, mechanical action of radiations and particles, seismic waves, structure and structure of the Moon.

Введение. Астероид 99942 (Апофис) имеет неправильную вытянутую форму 150м×420м и массу около 50млн. т. По нашим оценкам, энергия взрыва при входе Апофиса в атмосферу нашей планеты составит 800Мт ТНТ, а в случае удара по Луне – 250Мт ТНТ. Согласно астрономическим наблюдениям и расчетным исследованиям астероид Апофис пролетит в 2029г. на расстоянии примерно 40000км от центра Земли. Однако имеется определенный риск столкновения этого астероида с нашей планетой в 2036г. Как правило, целью коррекции орбиты астероида ставится лишь предотвращение этого столкновения. При этом спрогнозировать последствия такой коррекции на длительный период времени после 2036г. не представляется возможным. В результате окончательное решение проблемы астероида Апофис посредством его отклонения от траектории столкновения с Землей достигнуто не будет.

В [1,2] в качестве цели ставится задача качественного изменения орбиты астероида с прекращением его движения в Солнечной системе. Вместо пассивной тактики спасения рассматривается вариант использования астероида Апофис для постановки крупномасштабного космического эксперимента по ударному воздействию астероидом по Луне. Организация столкновения космического масштаба позволит решить ряд физических вопросов, касающихся Луны [2]. Отметим, что высокоскоростной удар по поверхности Луны уже использовался для проведения физических экспериментов [3].

Целью настоящей статьи является рассмотрение имеющегося научно-методического аппарата для расчетного исследования возможности реализации, поиска и обоснования направлений научного использования крупномасштабного космического эксперимента по высокоскоростному удару астероидом Апофис по поверхности Луны. Такой аппарат должен представлять комплекс программ ЭВМ, позволяющих проводить математическое моделирование следующих физических процессов:

- возмущенное воздействиями искусственного происхождения (ВИП) движение астероида к поверхности Луны (для формулировки требований к устройствам, способным обеспечить выход на орбиту встречи астероида с Луной);
- механическое действие при высокоскоростном ударе и в случае обычного или ядерного взрывов вблизи или внутри астероида, а также потоков излучений и частиц различной физической природы (для обоснования параметров устройств генерации ВИП);
- механическое действие удара астероида по поверхности Луны (для прогнозирования параметров этого действия в ближней зоне удара и для расчета характеристик облака выброса грунта);
- сейсмическое действие.

В конечном итоге расчетные исследования с помощью рассматриваемого научно-методического аппарата позволят обосновать принципиальную возможность проведения предлагаемого космического эксперимента и сформулировать требования к космическим системам сбора и анализа выбросов грунта, а также к точности измерений сейсмических характеристик, числу и местам расположения сейсмических станций на поверхности Луны.

1. Космодинамика астероида (моделирование возмущенной ВИП орбиты). Численное интегрирование орбит выполняется по методу и ЭВМ-программе, описанными в [4]. Метод позволяет интегрировать только возмущения, а влияние Солнца вычислять по формулам невозмущенного движения, и является особенно эффективным при интегрировании орбит с малыми перигелийными расстояниями. При расчете учитываются возмущения от всех восьми планет, Плутона и трех крупнейших астероидов. Принимаются во внимание также релятивистские эффекты в смещении перигелиев тел. Возмущения от Земли и Луны рассматриваются отдельно. Шаг интегрирования изменяется в зависимости от близости астероида к возмущающим телам. При этом координаты Луны определяются независимо по программе DE 406/LE406 и вводятся в основную программу в виде полиномов.

Минимальное геоцентрическое расстояние Апофиса в 2029г. согласно расчетам по методу [4] составляет R_{min}=37790 км. Это немного отличается от данных работы [5], но вполне вписывается в интервал допустимых разбросов этой характеристики (ИПМ РАН – R_{min} = 37716км [6]; Томский университет – 36900км [7]). Вычисленный нами разброс значений (Δ_m≈690км) за счет возможных ошибок в исходных элементах орбиты астероида полностью совпадает с результатами [5]. Следовательно, точность наших расчетов вполне достаточна для решения рассматриваемой задачи.

Будем предполагать, что искусственную коррекцию (ИК) орбиты Апрфиса в результате ВИП планируется осуществить одноразовым взрывом или ударом. Это приведет к изменению компонент его гелиоцентрической скорости. При этом можно принять, что поскольку взрыв или удар происходят очень быстро, то гелиоцентрические координаты астероида за это время ВИП не изменяются (импульсное воздействие, характеризуемое вектором приращения скорости $\Delta\vec{V}$).

Поиск рациональных параметров ВИП для ИК орбиты Апофиса предполагает выбор четырех независимых параметров: момента коррекции t_k и трех компонент вектора приращения гелиоцентрической скорости $\Delta\vec{V}$. В наших расчетах мы искали модуль вектора приращения скорости ΔV и два угла, определяющие направление этого вектора φ_1 и φ_2 (φ_1 – угол между вектором приращения скорости и плоскостью эклиптики, φ_2 – угол между проекцией вектора приращения скорости на плоскость эклиптики и осью OX, лежащей в плоскости эклиптики и направленной в точку весеннего равноденствия). Задание различных значений t_k, ΔV, φ_1 и φ_2, приводит к соответствующим возмущениям параметров орбиты астероида. Понятно, что после ИК орбита астероида будет изменяться под влиянием различных факторов, в первую очередь, гравитационного воздействия планет.

До 2029 г. минимальное геоцентрическое расстояние Апофиса будет значительно больше радиуса орбиты Луны. Следовательно, в том же году он будет проходить и на минимальном селеноцентрическом расстоянии

r_{min}. В апреле 2029 г. минимальное значение r_{min} достигается уже после тесного сближения с Землей. Для невозмущенной орбиты Апофиса это значение r_{min} должно составить около 104 тыс. км. Понятно, что ИК орбиты Апофиса для перенаправление его на Луну следует выполнить ранее момента достижения минимального расстояния r_{min} при движении по невозмущенной орбите. Искомые значения параметров ИК t_k, ΔV, φ_1, φ_2 должны быть такими, при которых в апреле 2029 г. значение r_{min} станет меньше радиуса Луны R_M и при этом величина ΔV окажется минимально возможной.

Поиск требуемых значений t_k, ΔV, φ_1, φ_2 выполняется методом перебора. Вначале выбирается произвольный момент t_k, для которого уже задаются разные наборы величин ΔV, φ_1, φ_2, а в конце интегрирования получаем значение r_{min} на 14 апреля 2029 г. Отметим, что решение поставленной задачи существует далеко не для каждого значения момента коррекции t_k. Это показали первые попытки «перенаправить» Апофис на Луну, которые не давали положительного результата (требовали заведомо практически не реализуемых значений ΔV). В поисках нужного варианта мы начали искать подходящие значения t_k, перебирая все моменты от января 2013 г. с интервалом в несколько дней. Первый подходящий момент коррекции пришелся на 2ч (UT) 22 ноября 2013 г. Для перенаправления Апофиса на Луну ему должно было быть сообщено приращение гелиоцентрическая скорость около 7.33м/с. При этом временной интервал моментов коррекции составлял около 17 часов. При коррекции лишь в пределах такого интервала астероид можно было перенаправить в одну из зон поверхности Луны (данные по ВИП, приводимые до 2016г., имеют в основном исторический интерес, как потерянные возможности, поэтому параметры у поверхности Луны в этих случаях не приводятся). Как показали дальнейшие исследования, положительные решения для значений t_k существуют в различные моменты от 2013 г. до 2028 г., но при этом средняя аномалия M астероида на орбите в момент ИК должна не сильно отличаться от 118^o. В табл. 1 приведены моменты коррекции Апофиса в разные годы (UT – Всемирное время, Universal Time) с указанием значений: M, ΔV и ΔR (расстояния точки падения астероида на поверхность Луны от центра диска

Луны, видимого с астероида), V (скорость удара), ψ (угол падения, отсчитываемый от нормали к поверхности).

Таблица 1 – Моменты и параметры ИК орбиты Апофиса с целью его перенаправления в 2029г. на поверхность Луны

Дата	UT, ч	M, град.	ΔV, м/с	ΔR, км	V, км/с	Ψ, град.
22.11.2013	2	118.24	7.33	–	–	–
11.10.2014	2	117.76	7.33	–	–	–
30.08.2015	9	117.61	7.33	–	–	–
22.07.2016	16	121.76	7.33	900	3.4	31
11.06.2017	7	121.65	7.33	900	3.2	31
30.04.2018	21	121.57	7.33	900	3.2	31
20.03.2019	7	121.29	7.33	300	4.7	10
26.12.2020	12	121.20	7.30	200	4.9	7
15.11.2021	2	121.26	7.30	300	4.3	10
04.10.2022	16	121.12	7.30	700	3.4	24
24.08.2023	0	120.62	7.30	90	5.6	3
11.07.2024	4	118.95	7.30	300	4.5	10
29.05.2025	21	117.98	7.34	450	4.0	16
17.04.2026	2	116.47	7.34	750	3.2	26
04.03.2027	12	114.09	7.50	480	3.8	16
18.01.2028	0	109.57	7.72	450	3.9	15

Отметить, что формальным моментом коррекции может быть момент уже после тесного сближения астероида с Землей в апреле 2029г. (до момента минимального сближения с Луной). Однако величина модуля приращения скорости ΔV в данном случае составляет больше 2км/с. Очевидно, что такой вариант коррекции на практике неосуществим, вследствие большой массы астероида и соответственно непомерных импульсов и энергетических затрат на их создание (как показано далее, для астероидов с массой близкой к массе Апофиса представляют практический интерес приращения скорости ΔV не более нескольких десятков метров в секунду).

Результаты расчетных исследований показывают, что успешное перенаправление астероида Апофис на Луну реализуется в достаточно узких диапазонах всех четырех параметров коррекции (t_k, ΔV, φ_1, и φ_2). Это говорит о крайней сложности практического осуществления такой ИК. Однако задача коррекции упрощается, если допустить возможность

многоразовой ИК. Как видно из табл. 1, моменты успешной коррекции существуют каждый год вплоть до момента тесного сближения Апофиса с Землей в 2029 г. И в каждом случае значения средней аномалии астероида не сильно отличаются между собой. Это дает принципиальную возможность выполнять коррекцию в несколько этапов, в каждом из которых модуль приращения скорости уже может быть меньше 7м/с. Кроме того, на каждом последующем этапе коррекции можно будет учитывать и устранять неточности, допущенные на предыдущих этапах.

2. Механическое действие взрыва или высокоскоростного удара. Расчет механического действия [8] требуется, как в задачах обеспечения требуемых для ИК параметров ВИП [9], так и при прогнозировании параметров ближней зоны взаимодействии астероида (или иного тела) и Луны [10], а также при определении характеристик облака выброса грунта [11], формирующегося при этом взаимодействии. Расчеты параметров ближней зоны ударов и взрывов проводятся по многомерным ЭВМ-кодам [12-17], позволяющим численно моделировать большие деформации и формоизменения.

Отклонение астероида от траектории столкновения с Землей при малом запасе времени (позднем обнаружении и осознании угрозу) на современном уровне развития техники может быть реализовано только посредством механического действия ядерного взрыва вблизи поверхности. Как показывают расчеты [8, 9], величина сообщаемого астероиду импульса имеет максимум при расстоянии до астероида порядка 1/10 его радиуса. Для мощности взрыва Q=10Мт, размерах и массах близких к характеристикам Апофиса приращение скорости астероида составит ΔV=30…40м/с, что существенно больше требуемых для его увода к поверхности Луны (см. таб. 1). Отметим, что это решение проблемы Апофиса вряд ли следует считать оптимальным, поскольку пока мы располагаемым достаточным временем до 2029г. Механическое действие ядерного взрыва приведет не только к отклонению астероида, но и его разрушению и диспергированию на рой осколков с различными векторами скоростей. Поэтому часть этого роя может оказаться и в атмосфере Земли с трудно прогнозируемыми последствиями. Поэтому если уж реализовывать

ВИП посредством ядерного взрыва, то делать это надо вдали от Земли (по крайней мере, за пределами орбиты Луны), чтобы осколки рассеялись на большие расстояния и в большинстве своем не достигли нашей планеты. Планируемая нами ИК требованию удаленности от Земли не удовлетворяет и использование механического действия ядерного взрыва для увода на Луну не представляется целесообразным в этом случае.

Проведенные по методу [4] расчеты возмущенной ИК траектории показывают, что в зависимости от приращения скорости ΔV и момента воздействия скорость удара по поверхности Луны изменяется в интервале V=3.2…5.6км/с (см. таб. 1). Численное моделирование механического действия удара Апофиса при скорости V=5км/с методом конечно-размерных частиц [17] приводит к образованию кратера радиусом 0.95км и глубиной 1.25км. Максимальные температуры и давления при ударе составляют $T\approx8000^0$К, $P\approx250$кбар.

3. Механическое действие потоков излучений и частиц. Как уже отмечалось, поверхностные и приповерхностные ядерные взрывы приводят к фрагментации астероида, что является нежелательным по ряду причин. Более предпочтительным оказывается вариант отнесенного взрыва. Кроме того, как показывают проведенные расчеты, такой вариант оказывается менее чувствителен к топографии и структуре астероида. Расчеты, проведенные методами, описанным в [17-19], показывают, что для создания приращения скорости ΔV=10м/с при воздействии потоков рентгеновского (для оценки брался планковский спектр) и нейтронного излучений отнесенного ядерного взрыва требуются мощности порядка Q=5…10Мт в зависимости от термодинамических свойств материала Апофиса и его пористости.

4. Сейсмические волны. Параметры ближней зоны используются в качестве начальных данных для расчета сейсмических волн на Луне. Эти данные формулируются на полусферической поверхности достаточно далеко от точки удара. Проведенные расчеты показывают, что при радиусе R_0=40км для моделирования сейсмических волн на этой поверхности надо задать

постоянную скорость u=50мм/с…200мм/с (в зависимости от параметров удара) в течение времени τ=0.1с.

Расчет сейсмических волн возможен лишь при наличии данных о структуре, плотности и упругих свойствах слоев спутника нашей планеты. В настоящее время эти данные весьма неполны. В частности, до сих пор не решен вопрос о размерах и составе жидкого ядра Луны (железное, железо-сульфидное или железоникелевое). Поэтому для проведения расчетов предлагается использовать простейшую трехслойную модель Луны с данными, представленными в таблице 2. Эта модель соответствует астрономическим данным R_M=1737,5км, M_M=7.35×10^{22}кг, $I_M/(M_M R^2)$=0.395 и скоростной модели по Латему и Токсоцу. При этом давление в центре Луны составляет P=56.9кбар, а температура (рассчитана по уравнениям состояния железа $T=T(P, \rho)$) T=2170^0 К.

Таблица 2 - Характеристики слоев Луны

СЛОЙ	ρ, г/см^3	V_p, км/с	V_{sh}, км/с	E, 10^{11} Па	G, 10^{11} Па	v	R_{min}–R_{max}, км
Кора	3.000	6	4.7	1.715	0.660	0.294	1690–1737.5
Мантия	3.348	8	4	1.428	0.536	1/3	308.8–1690
Ядро	7.866	4.5	–	K=1.593	0	–	0–308.8

Расчеты сейсмики проводятся по многомерной модели распространения упругих волн в многослойном конденсированном теле сложной формы [20, 21].

Таким образом, в результате проведенных исследований:

- показана принципиальная возможность увода астероида Apophis к поверхности Луны;
- оценены параметры ближней зоны высокоскоростного удара астероидом по поверхности Луны;
- поставлена задача о расчёте сейсмических волн, формирующихся при столкновении Апофиса с Луной.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (N 15-08-08615-а, 13-08-12239-офи_м).

Список литературы:

1. Кондауров В.И., Острик А.В., Рыбаков С.В. Есть ли у Земли естественный космический щит? //Всероссийская конференция "Астероидная опасность-95". Тезисы докладов. Санкт-Петербург, 1995. Т.2. С.67-68.
2. Ostrik A.V., Fortov V.E. The Analysis of possibilities of qualitative change of asteroid 99942 Apophis orbit //XXV International Conference “Equations of states for Matter”, Elbrus, 1-6 March, 2010, p. 150-151.
3. Sanford S. Davis An analytical model for a transient vapor plume on the Moon //J. Icarus, V. 202, Issue 2, 2009. P. 383-392.
4. Казанцев А.М. Простой метод численных расчетов эволюции орбит околоземных астероидов //Астрономический вестник 2002. 36, N 1. С.48-56.
5. Кочетова О.М., Чернетенко Ю.А., Шор В.А. Насколько точна орбита астерида (99942) Апофис и какова вероятность столкновения с ним в 2036 – 2037 гг. //Астрон. Вестн. 2009. 43, № 4. С. 338 – 347.
6. Ивашкин В.В., Стихно К.А. О предотвращении возможного столкновения астероида Апофис с Землей //Астрон. Вестн. 2009. 43. № 6. С. 502 – 516.
7. Быкова Л.Е., Галушина Т.Ю. Исследование движения астероида (99942) Апофис с использованием многопроцессорной вычислительной системы СКИФ Cyberia //Космические исследования. 2010. 48, № 5. С. 419-426.
8. Архипов В.Н. и др. Механическое действие ядерного взрыва. М.: Физматлит. 2003. 384с.
9. Кондауров В.И., Ломов И.Н., Фортов В.Е. О действии мощного взрыва на астероид // ДАН РАН. 1996. Т. 348. № 2. С. 184.
10. Peter H. Schultz et al. The LCROSS Cratering Experiment //Science. 2010. Vol. 330, no. 6003. P. 468—472.
11. Шувалов В.В., Артемьева Н.А., Кузьмичева М.Ю., Лосева Т.В., Светцов В.В., Хазинс В.М. Выбросы из кратеров – маркеры ударных катастроф //Физика Земли. 2012. Т. 48, № 3. С. 241-255.
12. Кукуджанов В.Н. Численное решение неодномерных задач распространения волн напряжений в твердых телах. М.: ВЦ АН СССР, 1976.
13. Бураго Н.Г., Кукуджанов В.Н. Решение упругопластических задач методом конечных элементов. Пакет прикладных программ «Астра». Препринт N326. Москва: ИПМех АН СССР, 1988.
14. Иванов В.Д., Кондауров В.И., Петров И.Б., Холодов А.С. Расчет динамического деформирования и разрушения упругопластических тел сеточно-характеристическими методами //Мат. Модел. 1990. Т. 2, № 11. С. 10-29.
15. Kondaurov V.I., Lomov I.N. Application of Godunov-type methods for the Solution of Condensed Matter Problem.//Proc. Of the Conf. of the Amer Phys. Society. Topical Group of Shock Condensed Matter Seattle, Washington, August 13-18, 1995. Ed. S.C. Smidt, W.C. Tao. P. 259-262.

16. Shuvalov V.V. Multidimensional hydrodynamic code SOVA for interfacial flows: Application to thermal layer effect //Shock Waves. 1999. Vol. 9. N 6. P. 381–390.
17. Kim V.V., Lomonosov I.V., Ostrik A.V., Fortov V.E. The finite-size particle-in-cell method for numerical simulation of pulsed high-energy-density loadings on matter //Mathematical modeling, 2006. Vol. 18(3). P. 5-11.
18. Грибанов В.М., Острик А.В. Воздействие рентгеновского и нейтронных излучений мощного взрыва на астероид //Известия Челябинского научного центра. Космическая защита Земли. Специальный выпуск, 1997. С. 170-173.
19. Грибанов В.М., Острик А.В., Фортов В.Е. и др. Механическое действие рентгеновского излучения на гетерогенные материалы и тонкостенные конструкции //Монография. Физика ядерного взрыва: Том 2. Действие взрыва. М.: Физматлит, 2010. С. 344-447.
20. Острик А.В., Петров И.Б., Петровский В.П. Расчет деформации акустического импульса малой длительности на отверстие сложной формы в заполнителе, окруженном упругой оболочкой //Математическое моделирование, 1990. Т.2, № 8. С.51-59.
21. Острик А.В., Петровский В.П. Двумерные откольные разрушения полимерных цилиндрических конструкций //Химическая физика, 1995. Т.14, №1. С.3-10.

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ МЕТОД ГЛОБАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С ПОВЫШЕННЫМ РОЕВЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

КОШУР В.Д.

РОССИЯ, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Представлен краткий обзор и эвристический метод глобальной оптимизации на основе мультиагентной интеллектуализации и гибридизации процесса поиска глобального минимума целевой функции в виде «черного ящика» (black-box optimization). Приведены результаты вычислительных экспериментов поиска глобального минимума для гладких и негладких многоэкстремальных тестовых функций Растригина и Экли с 500 переменными.

Ключевые слова: методы глобальной оптимизации, мультиагентные системы, метод роя частиц, роевой интеллект, оценки константы Липшица, нечеткая логика, нейронные сети.

Abstract. The brief review and the heuristic method of Global Optimization on the base of multiagent intellectualization and hybridization of the searching process for a global minimum of target functions in the manner of black-box optimization are presented. The results of computer experiments for searching of the global minimum for smooth and unsmooth multiextremum test functions Rastrigin and Ekli with 500 variables are shown.

Keywords: Global Optimization methods, Multiagent Systems, Particle Swarm Optimization, Swarm Intelligent, Estimations of the Lipshic constant, Fussy Logic, Neural Networks.

Введение. Решение прикладных задач оптимизации с заданными целевыми функциями (ЦФ) направлено на совершенствование инженерных конструкций, технических устройств и технологий в строительстве, машиностроении, авиационной и космической технике. Например,

оптимизация конструкции летательного аппарата заданного класса по весу, прочности, стоимости при выделенных изменяемых конструктивных параметрах с учетом их взаимосвязи и технологических ограничений. В прикладных задачах, целевая функция, как правило, имеет большое количество изменяемых переменных, может быть не задана в аналитической форме, а вычисляться как некоторая характеристика сложного динамического процесса. Для успешного решения таких задач оптимизации желательно уметь находить наилучшие оптимальные параметры, которым соответствует глобальный минимум или максимум ЦФ. Разработке компьютерных методов глобальной оптимизации (ГО) с интеллектуализацией процесса поиска для ЦФ заданных в виде «черного ящика» (*black-box optimization*) посвящена данная работа.

Базовые основы методов ГО. Общие теоретические основы методов глобальной оптимизации представлены в [1-3]. Кроме детерминированных и стохастических методов ГО в последнее время возрос интерес к эвристическим и гибридным методам ГО. Для разрабатываемого эвристического мультиагентного метода ГО с повышенным роевым интеллектом за основу взяты модификация метода роя частиц *PSO* (*Particles Swarm Optimization*), идеи метода дифференциальной эволюции *DE* (*Differantial Evoluation*), селекции, мутации [4-10], взвешенного усреднения координат [11], некоторые идеи диагональных методов [12], использование информации о константе Липшица целевой функции [13].

В работах [14-26] представлены модификации эвристических методов ГО на основе нечеткой логики, искусственных нейронных сетей, варианты параллельных вычисленных алгоритмов и использования технологии мультиагентных систем. Преимущественно рассматривается гибридизация вложением (low-level embedded hybridization) метода PSO и метода усреднения координат [20], анализ изменяемости ЦФ и нейро-нечеткое управление выбором «*перспективного*» роя частиц-агентов в методе виртуальный частиц [21], а также нейро-нечёткого управления определяющими коэффициентами вкладов при стохастическом движении каждой частицы-агента [22-25]. Указанные составляющие элементы метода глубоко интегрированы, и, по существу, представляют собой новые

модификации эвристических гибридных методов ГО. Следует заметить, что оценки изменяемости ЦФ на основе пробных вычислений константы Липшица в области поиска, хотя и являются достаточно затратными, служат эффективным инструментом прогноза и предсказания наиболее перспективных направлений поиска, а также для формирования различных модификаций нейро-нечёткого управления процессом поиска [21-25], которые повышают «искусственный интеллект» мультиагентной системы [29].

Повышенные адаптивные свойства рассматриваемых гибридных алгоритмов поиска глобального экстремума основаны на использовании понятия самоорганизующейся популяции, представленной в виде многослойной системы виртуальных роев частиц-агентов и нейро-нечёткого управления процессом поиска. В модификации виртуальных роёв частиц реализовано адаптивное переключение между роями частиц с выбором «*перспективного*» роя частиц-агентов для продолжения процесса поиска. В модификации метода с нейро-нечётким управлением значениями коэффициентов вкладов в различные виды стохастического движения каждой частицы-агента повышается *роевой интеллект* гибридной мультиагентной системы. Суммарное движение каждой частицы-агента формируются в виде инерционной, когнитивной, социальной составляющих движения, движения в направлении максимальной изменяемости целевой функции, а так же в направлении движения частиц к текущим взвешенным значением усредненных координат частиц выделенного слоя или всего ансамбля виртуальных частиц [21, 22].

Представляется перспективным дальнейшее исследование и развития таких гибридных методов как метод роя частиц + метод эволюции разума + метод клональной селекции, названный авторами *MEPSI (Mind Evoluation, Particles Swam, Immune)* [9], гибридного метода роя частиц + метода дифференциальной эволюции *PSO-DE*, гибридного метода роя частиц + искусственной иммунной системы, названного *HPSI,* и ряда других эволюционных эвристических методов [30].

В последнее время для решения различных «сложных» задач все чаще используются подходы, которые основаны на использовании методов искусственного интеллекта [9, 24, 25, 30]. Особенно продуктивными оказываются алгоритмы, идеи которых заимствованы в природе и лежат в основе самоорганизации природных систем, кооперативного поведения простейших и сложных организмов без внешнего управления, объединяемых понятием *коллективного интеллекта*. В частности *роевой интеллект* базируется на понятии популяции и моделирует характерные черты поведения стаи птиц при поиске корма [6]. Генетические алгоритмы, алгоритмы, основанные на имитации поведение пчёл или колонии муравьёв, имеют свои особенности, сильные и слабые стороны и так же служат базовой основой ряда гибридных эволюционных эвристических методов [4, 5, 7-10, 27-29, 30].

Результаты вычислительных экспериментов. На Рис. 1-4 представлены результата поиска глобального минимума двух классических многоэкстремальных тестовых функций Растригина и Экли с 500 переменными по методу индивидуального управления движением частиц – для 10 роёв частиц по 200 частиц-агентов в каждом рое. На Рис. 1, 3 вдоль горизонтальной оси приведены последовательные номера итераций, а по вертикальной оси – значения ЦФ для классов частиц-агентов. В верхней части Рис. 2, 4 показано распределение значений ЦФ для 200 частиц-агентов выбранного роя, а в средней и нижней части рисунков приведены найденные значения 500 координат двух лучших частиц-агентов из разных роёв.

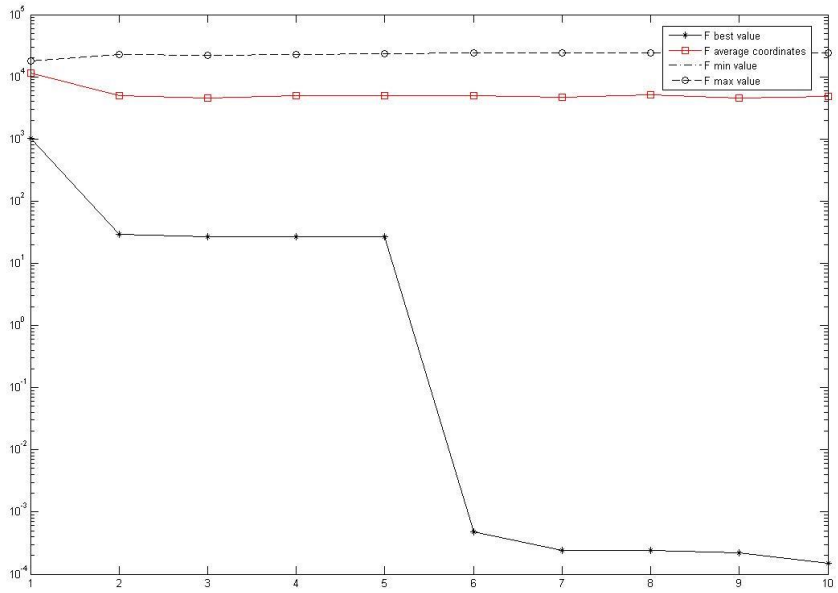


Рис. 1. Процесс поиска глобального минимума функции Растригина для 500 переменных по модификации метода с индивидуальным управлением движением частиц-агентов за 10 итераций. Верхняя пунктирная линия с маркерами (кружок) соответствует худшим значениям ЦФ, сплошная средняя линия с маркёрами (квадрат) – значениям ЦФ в усреднённых координатах частиц по всем роям, сплошная нижняя линия с маркёрами точками – лучшим значения ЦФ в частицах за время итераций

Анализ результатов численной минимизации функции Растригина с 500 переменными показывает, что за 10 итераций *общей* сходимости в вычислительном процессе не достигнуто, об этом свидетельствует достаточно высокие значения ЦФ в усреднённых координатах частиц по всем 10 роям. При этом индивидуальные частицы для 1, 2, 5 и 9 роёв достигли глобального минимума с точностью 10^{-4} по значению ЦФ. В данном вычислительном эксперименте было произведено 1580046 вычислений ЦФ и затрачено 46,2 часа процессорного времени на ПК с процессором Intel(R) Core(TM) 2 с частотой 2,33 GHz.

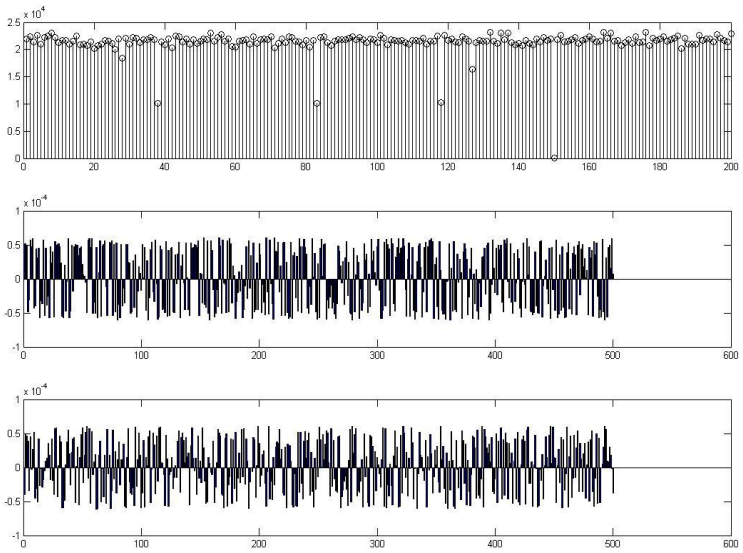


Рис. 2. Верхний рисунок - распределение значений ЦФ Растригина по 200 частицам 2-ого роя частиц после 10 итераций; средний рисунок – значения 500 координат лучшей частицы 2-ого роя (145-той частицы); нижний рисунок - значения 500 координат лучшей частицы 5-ого роя частиц. Достигнутая точность по отклонению значений координат от точного нулевого значения составляет 10^{-4}

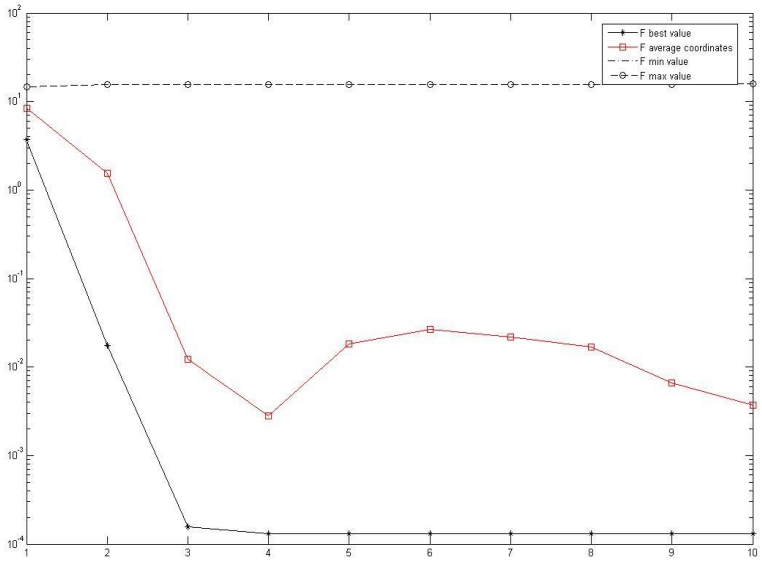


Рис. 3. Процесс поиска глобального минимума функции Экли для 500 переменных по модификации метода с индивидуальным управлением движением частиц-агентов за 10 итераций. Верхняя пунктирная линия с

маркерами (кружок) соответствует худшим значениям ЦФ, сплошная средняя линия с маркёрами (квадрат) – значениям ЦФ в усреднённых координатах частиц по всем роям, сплошная нижняя линия с маркёрами точками – лучшим значения ЦФ в частицах за время итераций

Анализ результатов численной минимизации функции Экли с 500 переменными показывает, что за 10 итераций почти достигнута *общая* сходимость вычислительного процесса, об этом свидетельствует интенсивное снижение значений ЦФ в усреднённых координатах частиц по всем 10 роям. При этом индивидуальные частицы из всех 10 роёв достигли глобального минимума с точностью 10^{-4} по значению ЦФ. В данном вычислительном эксперименте было произведено 1882395 вычислений ЦФ и затрачено 44 часа процессорного времени на ПК с процессором Intel(R) Core(TM) 2 с частотой 2,33 GHz.

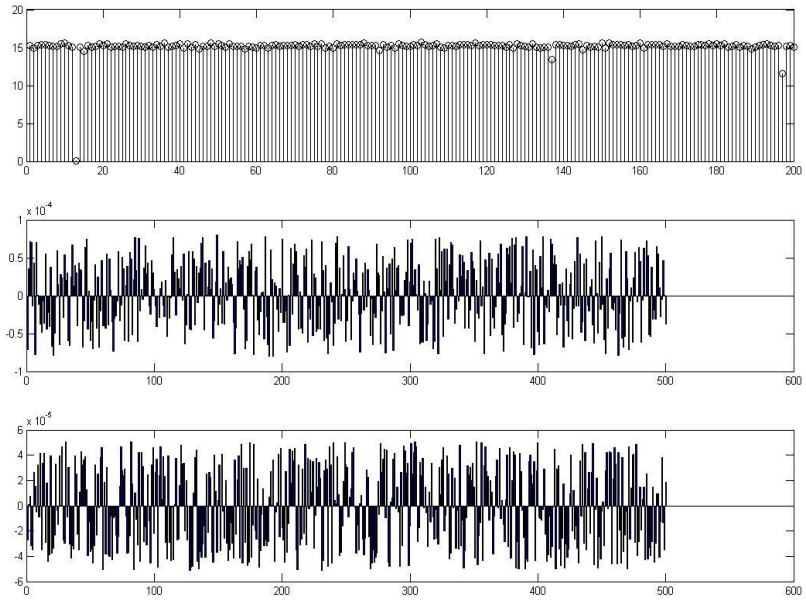


Рис. 4. Верхний рисунок - распределение значений ЦФ Экли по 200 частицам 2-ого роя частиц после 10 итераций; средний рисунок – значения 500 координат лучшей частицы 2-ого роя (13-той частицы); нижний рисунок - значения 500 координат лучшей частицы 4-ого роя частиц. Достигнутая точность по отклонению значений координат от точного нулевого значения составляет 10^{-4}-10^{-5}

Выводы. Представлены гибридные модификации метода роя частиц ГО с введением в мультиагентную систему частиц-агентов дополнительных слоёв виртуальных частиц, которые позволяют проводить более широкий обмен информацией о свойствах ЦФ между частицами-агентами одновременно для нескольких виртуальных слоёв частиц-агентов, а также модификация метода с нейро-нечётким индивидуальным управлением движением частиц-агентов. Повышение роевого интеллекта и адаптивных свойств, предложенных модификаций метода ГО, получено за счет введения нейро-нечеткого управления на основе экспертно-эвристического выбора наиболее *перспективного* слоя частиц среди виртуальных слоёв для дальнейшего целенаправленного поиска, а также индивидуального управления движением частиц-агентов, что повысило эффективность предложенного эвристического мультиагентного метода ГО.

Список литературы:

1. Сухарев А.Г. Глобальный экстремум и методы его отыскания // М.: Изд. МГУ. 1981.
2. Стронгин Р.Г. Поиск глобального минимума // М.: Знание. 1990.
3. Жиглявский А.А., Жилинскас А.Г. Методы поиска глобального экстремума // М.: Наука. 1991.
4. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial System // University of Michigan Press, Ann Arbor. 1975.
5. Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning // Addison-Wesley. 1989.
6. Kennedy J., Eberhard R. Particle swarm optimization // Proceedings of IEEE nternational conference on Neural Networks. 1995. P. 1942-1948.
7. Horst R, Pardalos P.M. (eds) Handbook of Global Optimization // Dordrecht, Kluwer. 1995.
8. Карпенко А.П., Селиверстов Е.Ю. Обзор методов роя частиц (Particle Swarm Optimization) // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». № 3, март 2009, URL: http://technomag.edu.ru/doc/116072.html
9. Антух А.Э., Карпенко А.П. Глобальная оптимизация на основе гибридизации методов роя частиц, эволюции разума и клональной селекции. // Электронный научно-технический журнал «Наука и образование». № 8, август, 2012, 38 с., URL: http://technomag.edu.ru/doc/431723.html
10. 10 Орлянская И.В. Современные подходы к построению методов глобальной оптимизации // Электронный журнал «Исследовано в России». 2002. С. 2097-2108, URL: http://zhurnal.ape.relarn/ru/articles/2002/189.pdf
11. Рубан А.И. Глобальная оптимизация методом усреднения координат. Красноярск: ИПЦ КГТУ. 2004. 302 с.

12. Сергеев Я.Д., Квасов Д.Е. Диагональные методы глобальной оптимизации // М.: ФИЗМАТЛИТ. 2008.
13. Евтушенко Ю.Г., Малкова В.У., Станевичюс А.А. Параллельный поиск глобального экстремума функций многих переменных // ЖВМ и МФ. 2009. Том 49. № 2. С. 255-269.
14. Кошур В.Д. Адаптивный алгоритм глобальной оптимизации на основе взвешенного усреднения координат и нечетко-нейронных сетей // Нейроинформатика. Электронный рецензируемый журнал. 2006. Том 1. N2. С. 106-124, URL: http://www.niisi.ru/iont/ni/Journal/N2/Koshur.pdf
15. Кошур В.Д., Пушкарёв К.В. Глобальная оптимизация на основе инверсных соотношений и обобщённо регрессионных нейронных сетей // Научная сессия МИФИ-2008. X Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2008». Сборник научных трудов. Часть 2. М.: МИФИ. 2008. С. 182-192.
16. Koshur V., Kuzmin D., Lagalov A., Pushkaryov K. Solution of Large-Scale Problems of Global Optimization on the Basis of Parallel Algorithms and Cluster Implementation of Computing Processes // Parallel Computing Technologies, 10th International Conference, PaCT 2009, Novosibirsk, Russia, August/September 2009, Proceedings, Ed. By V. Malyshkin, Springer-Verlarg Berlin Heidelberg. 2009. P. 121-125.
17. Кошур В.Д., Пушкарёв К.В. Глобальная оптимизация на основе нейросетевой аппроксимации инверсных соотношений // Научная сессия МИФИ-2011. XIII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2011». Сборник научных трудов. Часть 1. М.: НИЯУ МИФИ. 2010. С. 89-98.
18. Кошур В.Д. Компьютерные технологии мультиагентных систем и глобальная оптимизация // Сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы науки и образования в 21 веке», 31 января 2012 г., в 10 частях. Часть 9; Министерство образования и науки Российской Федерации. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2012. С. 63-65.
19. Кошур В.Д. Мультиагентные системы и поиск глобального минимума негладких потенциальных функций // Материалы III Международной научно-практической конференции «Системный анализ. Информатика. Управление», САИУ-2012, (Украина, Запорожье, 14-16 марта 2012г.) / Министерство образования и науки Украины, Академия наук высшей школы Украины, Классический приватный университет. – Запорожье: КПУ. 2012. С. 157-159.
20. Кошур В.Д. Глобальная оптимизация на основе гибридного метода усреднения координат и метода роя частиц. // Журнал Вычислительные технологии, 2013, Том 18, № 4, с. 36-47.
21. Кошур В.Д., Рыжикова Е.О. Роевой интеллект, нечеткий логический вывод и мультиагентные технологии в методе глобальной оптимизации // Сборник научных трудов XV Всероссийской научно-технической конференции «Нейроинформатика-2013», Часть 2, М.: НИЯУ МИФИ, 2013. – с. 12-21.
22. Кошур В.Д. Методы глобальной оптимизации и повышение адаптивных свойств вычислительных алгоритмов. Интеллектуализация поиска экстремумов. // XVI Всероссийская научно-технической конференции с международным участием

«Нейроинформатика-2014»: Лекции по нейроинформатике. М.: НИЯУ МИФИ, 2014. – с. 46-61.

23. Кошур В.Д. Нейросетевое усиление роевого интеллекта в методе глобальной оптимизации. // Нейроинформатика, её приложения и анализ данных: Материалы XXII Всероссийского семинара, 26-28 сентября 2014 г. / Под ред. А.Н. Горбаня; - Красноярск: Институт вычислительного моделирования СО РАН, 2014 – с. 94-97.
24. Кошур В.Д. Усиление роевого интеллекта в методе глобальной оптимизации за счёт нейро-нечёткого управления процессом поиска. // XVII Всероссийская научно-технической конференции с международным участием «Нейроинформатика-2015»: Сборник научных трудов, в 3-х частях. Ч.2. М.: НИЯУ МИФИ, 2015. – с. 189-198.
25. Koshur V.D. Reinforcement Swarm Intelligence in the Global Optimization Method via Neuro-Fuzzy Control of the Search Process. // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics), 2015, Vol. 24, No. 2, pp 102-108. (ВАК)
26. Пушкарев К.В., Кошур В.Д. Гибридный эвристический параллельный метод глобальной оптимизации // Вычислительные методы и программирование. — 2015. — Т. 16. — С. 242–255, URL: http://num-meth.srcc.msu.ru/zhurnal/tom_2015/v16r224.html
27. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы // М.: Горячая линия – Телеком. 2004.
28. Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Поисковая адаптация: теория и практика. М.: Физматлит. 2006.
29. Shoham Y., Leyton-Brown K. Multiagent Systems. Algorism, Game-Theoretic, and Logical Foundations // Cambridge University Press. 2009.
30. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие - Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 446 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕРХЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ПОПЕРЕЧНОГО ВДУВА СТРУИ С ПРИМЕНЕНИЕМ К-ω МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

МОИСЕЕВА Е.С., БЕКЕТАЕВА А.О.

КАЗАХСТАН, КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ

Аннотация. Численно моделируется взаимодействие сверхзвукового турбулентного течения воздуха с поперечно вдуваемой струей водорода путём решения осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, замкнутых k-ω моделью турбулентности. Получено, что вследствие вдува струи в канал с пограничным слоем большой толщины картина ударно-волновой структуры существенно размазывается. Для решения этой проблемы осуществляется модификация используемой модели турбулентности.

Ключевые слова: уравнения Навье-Стокса, k-ω модель турбулентности, сжимаемость, вязкость, сверхзвуковое течение, пограничный слой.

Abstract. The interaction of a supersonic turbulent air flow with the transverse injected hydrogen jet is numerically simulated by solving Reynolds-averaged Navier-Stokes equations closed by k-ω turbulence model. It was found that for the jet injection in the channel with a thick boundary layer, the pattern of the shock-wave structure is significantly spread. To solve this problem, the modification of the used turbulence model is made.

Keywords: Navier-Stokes equations, k-ω turbulence model, compressibility, viscosity, supersonic flow, boundary layer.

В настоящее время изучение взаимодействия поперечно-вдуваемой струи и сверхзвукового потока является важной проблемой в моделировании горения в сверхзвуковых ПВРД. При этом формируется достаточно сложная картина течения, схематически она показана на рисунке 1 [1].

Одна из наиболее важных задач при численном исследовании данных течений заключается в точном описании взаимодействия вихревых турбулентных структур с основным потоком. Для этого необходимо выбрать адекватную турбулентную модель для замыкания системы осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса. В большинстве работ используется аппроксимация Буссинеска, где тензор рейнольдсовых напряжений τ_{ij} выражается через динамический коэффициент турбулентной вязкости μ_t. В настоящее время широко применяются двухпараметрические модели турбулентности, которые позволяют достаточно точно описывать характеристики вихревых турбулентных структур, возникающих при взаимодействии сверхзвукового течения газовой смеси с вдуваемой струей [2-7]; причем в работах [3,4] получено, что $k-\omega$ модель турбулентности демонстрирует лучшие результаты относительно других двухпараметрических моделей в зонах отрыва, а также в точках разрыва решения.

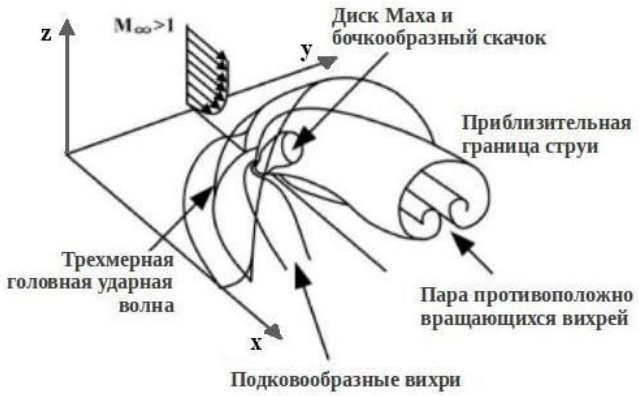


Рисунок 1. Схема течения [1]

Математическая модель. Исходными уравнениями для рассматриваемой задачи является система осредненных по Рейнольдсу трехмерных уравнений Навье-Стокса для многокомпонентного турбулентного газа. Характерным параметром длины является диаметр сопла d. Коэффициент вязкости μ определяется как сумма коэффициентов ламинарной и турбулентной вязкости: $\mu = \mu_l + \mu_t$. Молекулярная вязкость смеси μ_l определяется по формуле Уилке [8], турбулентная вязкость μ_t вычисляется с помощью $k-\omega$ модели. На входе задаются параметры потока и вблизи

стенки пограничный слой, на вдуве струи – параметры струи. На нижней стенке выполняются условия прилипания и теплоизоляции, на верхней и на боковых границах – условия симметрии, и на выходной границе задаются условия неотражения [9].

Метод решения. Численное решение поставленной задачи осуществляется на основе существенно-неосциллирующей ENO-схемы третьего порядка точности [10]. Для аппроксимации первых производных используются конечные разности против потока первого порядка точности, для аппроксимации вторых производных – центрально-разностные операторы с первым порядком точности. Решение полученной системы разностных уравнений осуществляется согласно принципу расщепления по направлениям методом матричной прогонки.

Полученные результаты. Для верификации математической модели была решена задача вдува круглой струи водорода в сверхзвуковой воздушный поток со следующими характерными параметрами, соответствующими эксперименту [11]: в струе $M_0 = 1$, $T_0 = 1300\,K$, в потоке $M_\infty = 4$, $T_\infty = 500\,K$; $\delta_1 = 2.7d$ в центре вдува струи; отношение динамических давлений $0.5 \le q \equiv \rho_0 \vec{V}_0^2 / \rho_\infty \vec{V}_\infty^2 \le 1.5$, при этом $\mathrm{Re} = 9.47 \cdot 10^4$ для $q = 0.5$ и $q = 0.75$, $\mathrm{Re} = 6.31 \cdot 10^4$ для $q = 1$ и $q = 1.5$; $d = 1.05 мм$. Расчеты проводились с геометрическими параметрами $H_x = 20$, $H_y = 15$, $H_z = 10$, $x_0 = 10$, $y_0 = 7.5$; на входе задается пограничный слой толщиной $\delta_1 = 2.68$ ($\delta_2 = 0.26$).

Отличительная черта данной задачи заключается в том, что вдуваемая струя погружается в пограничный слой большой толщины, тогда как в большинстве рассматриваемых работ струя вдувается в канал с тонким пограничным слоем. Следствием этого явилось размазывание картины ударно-волновой структуры, рассчитанной с использованием $k - \omega$ модели. К примеру, на рисунках 2-3 приведены поле вектора скорости и линии тока и изолинии массовых концентраций водорода в плоскости симметрии, нормальной к оси y, для $q = 1$.

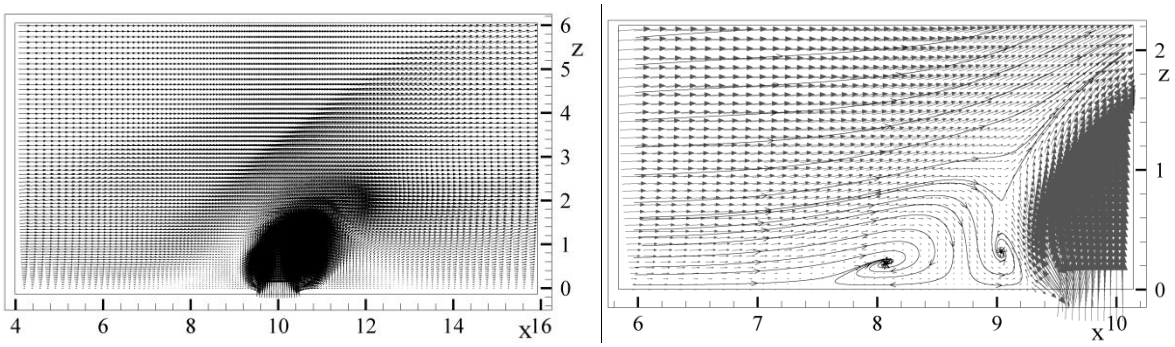


Рисунок 2. Поле вектора скорости в плоскости симметрии, нормальной к оси x

Из рисунка 2 видно, что фронт головной ударной волны размазан, подковообразные вихри выражены слабо. При этом сравнение с опытными данными показало расхождение в глубине проникновения водорода (рисунок 3): высота, на которую поднимается линия $Y_1 = 0.0003$ в сечении $x = 7$ от центра сопла (что соответствует $x = 17$ при данной постановке задачи), отклоняется на 28% от опытных данных; высота, на которую поднимается линия максимального значения Y_1 в этом сечении, отклоняется на 3%; а расстояние между этими линиями в данном сечении составляет 131% от расстояния, полученного в эксперименте [11].

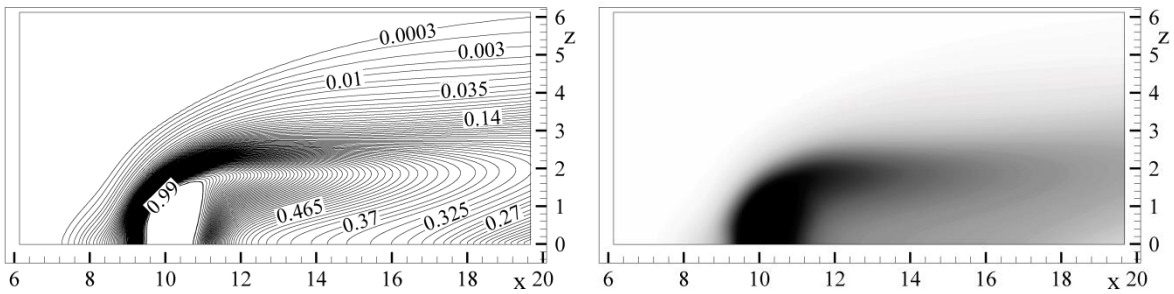


Рисунок 3. Расчет распределения массовой концентрации водорода в плоскости симметрии, нормальной к оси y

Такое расхождение результатов, очевидно, обусловлено применяемой в данной работе моделью турбулентности. Как отмечается в [12], значение генерации турбулентной энергии в некоторых случаях, например, при увеличении толщины пограничного слоя, может оказаться завышенным.

Это приводит к нарушению локального равновесия между генерацией турбулентной энергии P_k и диссипацией этой энергии в тепло ε.

Один из путей выхода из этой ситуации предложен для $k-\varepsilon$ модели в работе [13], где рассчитываемое значение генерации турбулентной энергии так же было чрезмерно увеличено. Было предложено модифицировать числовые коэффициенты, стоящие перед членами, описывающими порождение и диссипацию турбулентной энергии. Эти коэффициенты имели значения вида

$$c_1 + c_2 P_k / \varepsilon,$$

где c_1, c_2 некоторые константы, причем c_1 – безразмерная величина, а c_2 имеет размерность, обратную P_k / ε, а именно $м^3 / кг$.

В данной работе предлагается следующая модификация $k-\omega$ модели на основе [13]:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u k)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v k)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w k)}{\partial z}=C_{k1}\left(P_k-\frac{2}{3}\rho k\frac{\partial u}{\partial x}-\frac{2}{3}\rho k\frac{\partial v}{\partial y}-\frac{2}{3}\rho k\frac{\partial w}{\partial z}\right)-$$
$$-C_{k2}\beta^{*}\rho\omega k+\frac{\partial}{\partial x}\left[(\mu+\sigma_k\mu_t)\frac{\partial k}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[(\mu+\sigma_k\mu_t)\frac{\partial k}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[(\mu+\sigma_k\mu_t)\frac{\partial k}{\partial z}\right]$$

$$\frac{\partial\omega}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u\omega)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v\omega)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w\omega)}{\partial z}=\frac{\gamma_t\rho}{\mu_t}P_k-\frac{2}{3}\gamma_t\rho\omega\frac{\partial u}{\partial x}-\frac{2}{3}\gamma_t\rho\omega\frac{\partial v}{\partial y}-\frac{2}{3}\gamma_t\rho\omega\frac{\partial w}{\partial z}-$$
$$-\beta\rho\omega^2+\frac{\partial}{\partial x}\left[(\mu+\sigma_\omega\mu_t)\frac{\partial\omega}{\partial x}\right]+\frac{\partial v}{\partial y}\left[(\mu+\sigma_\omega\mu_t)\frac{\partial\omega}{\partial y}\right]+\frac{\partial w}{\partial z}\left[(\mu+\sigma_\omega\mu_t)\frac{\partial\omega}{\partial z}\right]$$

где $C_{k1}=1/(\alpha_1+\beta_1\rho M)$, $C_{k2}=(\alpha_2+\beta_2\rho M)$ при $M>1$ и $C_{k1}=1/(\alpha_1+\beta_1\rho)$, $C_{k2}=(\alpha_2+\beta_2\rho)$ в противном случае, $\alpha_1=1.45, \beta_1=0.45, \alpha_2=1.25, \beta_2=0.75$; остальные коэффициенты взяты из модели Уилкокса [2].

Данные значения корректирующих параметров были выбраны в ходе численных экспериментов, которые показали, что при $\alpha_{1,2}\geq 1.5$, $\beta_{1,2}\geq 1$, отклонение от опытных данных в сечении $x=17$ составляет более 15% для

$Y_1 = 0.0003$ и более 25% для максимального значения Y_1, а расстояние между этими линиями составляет менее 65% от расстояния, полученного в [11].

Ниже приведены результаты вычислительного эксперимента с включением корректирующих коэффициентов с эффектом сжимаемости в члены порождения и диссипации турбулентной энергии. На рисунках 4-5 показаны картины поля вектора скорости и изолиний массовых концентраций водорода в плоскости симметрии, нормальной к оси y, для $q = 1$.

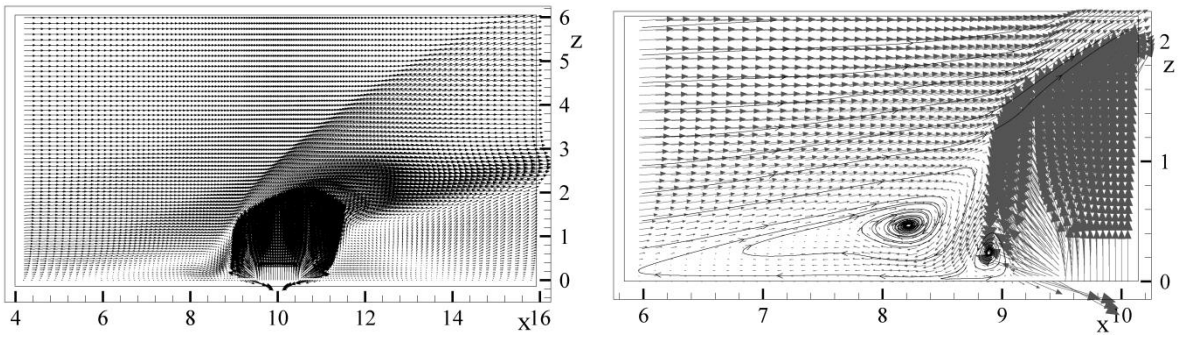


Рисунок 4. Поле вектора скорости в плоскости симметрии, нормальной к оси y

Из графиков видно, что размазывание численного решения существенно уменьшилось, ударно-волновая и вихревые структуры достаточно четко выражены. При этом отклонение от опытных данных в сечении $x = 17$ составляет 13% для $Y_1 = 0.0003$ и 24% для максимального значения Y_1, а расстояние между этими линиями составляет 64% от расстояния, полученного в [11].

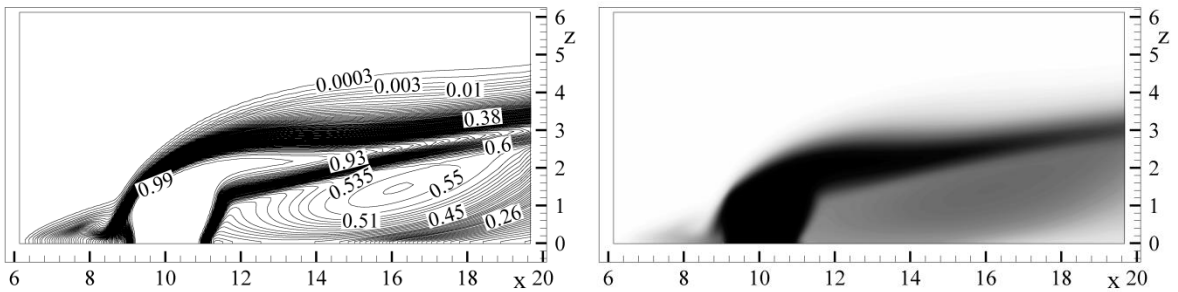


Рисунок 5. Расчет распределения массовой концентрации водорода в плоскости симметрии, нормальной к оси y

На рисунке 6 приведен обобщающий график зависимости глубины проникновения водорода от отношения динамических давлений q . Максимальная высота от стенки канала, на которую поднялась линия $Y_1 = 0.0003$ (что соответствует $X_1 = 0.005$ в [11]) в сечении $x = 17$, представлена кривой 1 для решения с использованием модели турбулентности без учета сжимаемости и кривой 2 для модели с учетом сжимаемости.

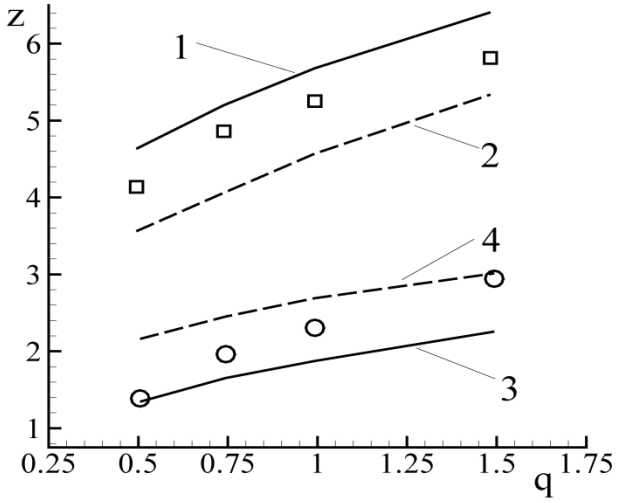


Рисунок 6. Зависимость глубины проникновения водорода от отношения динамических давлений q в сечении $x = 17$: кривая *1* – $Y_1 = 0.0003$, без учета сжимаемости; кривая *2* – $Y_1 = 0.0003$, с учетом сжимаемости; кривая *3* – максимальное значение Y_1, без учета сжимаемости; кривая *4* – максимальное значение Y_1, с учетом сжимаемости; ○,□ – эксперимент [11]

Для линии максимального значения массовой концентрации водорода в сечении $x = 17$ глубина проникновения соответствует кривым 3 и 4 для модели без учета сжимаемости и с ее учетом, соответственно. Видно, что размазывание решения при использовании модели без учета сжимаемости происходит существенно сильнее, чем в случае использования модифицированной модели.

Список литературы:

1. Santiago J.G., Dutton J.C. Crossflow vortices of a jet injected into a supersonic crossflow // AIAA Journal. – 1997. – V. 35, No 5. – P. 915-917.

2. Wilcox D.C. Turbulence modeling for CFD. – DCW Industries, Inc, USA, 2000. – 537 p.
3. Coletti F., Benson M.J., Ling J., Elkins C.J., Eaton J.K. Turbulent transport in an inclined jet in crossflow // Int. J. Heat and Fluid Flow. – 2016. –V. 43. – P. 149-160.
4. Viti V., Neel R., Schetz J. Detailed flow physics of the supersonic jet interaction flow field // Physics of Fluids. – 2009. – V. 21. – P. 1-16.
5. Sun D., Hu Ch., Cai T. Computation of Supersonic Turbulent Flowfield with Transverse Injection // App. Math. Mech. English Edition. – 2002. – V. 23, No 1. – P. 107–113.
6. Amano R.S., Sun D. Numerical Simulation of Supersonic Flowfield with Secondary Injection // Proceedings of the 24th Congress of ICAS. – Yokohama, 2004.
7. Eklund D. R., Stouffer S. D., Northam G. B. Study of a supersonic combustor employing swept ramp fuel injectors // J. Propulsion Power. – 1997. – V. 13, No 6. – P. 697–704.
8. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. – Москва: Наука, 1987. – 361 с.
9. Poinsot T.J., Lele S.K. Boundary Conditions for Direct Simulation of Compressible Viscous Flows // J. Comp. Phys. – 1992. – V. 101. – P.104-129.
10. Бекетаева А.О., Найманова А.Ж. Применение ENO (Essentially Non-Oscillatory) схемы для моделирования течения многокомпонентной газовой смеси // Вычислительные технологии. – 2007. – Т.12, Специальный выпуск 4: Труды V Совещания российско-казахстанской рабочей группы по вычислительным и информационным технологиям, Новосибирск, 6-8 февраля 2007 г. – С. 17-25.
11. Rogers R. C. A study of the mixing of hydrogen injected normal to a supersonic airstream // NASA Report TN D-6114. – Washington, United States, 1971. – 53 p.
12. Galperin B., Kantha L.H., Hassid S., Rosati A. A Quasi-equilibrium Turbulent Energy Model for Geophysical Flows // J. Atmospheric Sci. – 1988. – V. 45, No 1. – P. 55-62.
13. Shyy W., Krishnamurty V.S. Compressibility effects in modeling complex turbulent flows // Prog. Aerospace Sci. – 1997. – V. 33. – P. 587-645.

ТЕОРЕМА СУЩЕСТВОВАНИЯ СЛАБЫХ РЕШЕНИЙ ПОЛНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕРГЕРА-ВЛАСОВА ТЕРМОУПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК С ШАРНИРНЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ КРАЯ ОБОЛОЧКИ

ПАВЛЮЧЕНКО К.Г., Седенко В.И.

РОССИЯ, РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. Излагается теорема существования слабых решений начально-краевых задач, глобальных по времени, для полных моделей Мергера-Власова термоупругих колебаний пологих оболочек с шарнирным закреплением края оболочки, учитывающих эволюцию тепла, инерцию поворота точки оболочки, внутреннее трение в оболочке. Теорема существования слабых решений доказывается с помощью средств, предложенных в [1]-[3].

Ключевые слова: приближения Бубнова-Галёркина, равномерные энергетические оценки, энергетическое соотношение, слабые решения.

Abstract. This article proves the theorem of existence weak solutions for full models Marguerre-Vlasov's thermoelastic oscillations of shallow shells with articulated fastening edge of the shell, taking into account the evolution of heat, momentum turning point of the shell, the internal friction in the shell. Theorem of existence of weak solutions is proved by the means proposed in the [1]-[3].

Keywords: Bubnov-Galerkin's approximations, uniform energy assessment, energy ratio, weak solutions

1^0. Начально-краевая задача.

Пусть оболочка проектируется на плоскую ограниченную область Ω с границей Γ класса C^1. Рассмотрим систему уравнений

$$w_{tt} - \gamma\,\Delta w_{tt} + D\Delta^2 w + \delta\Delta^2 w_t + \alpha\Delta r = Z + \left(N_1 w_{x_1}\right)_{x_1} + \left(N_2 w_{x_2}\right)_{x_2} +$$
$$+ \left(N_{12} w_{x_2}\right)_{x_1} - N_1 k_1 - N_2 k_2,$$
$$k r_t - \beta\Delta r - \alpha\Delta w_t = 0 \qquad (1)$$

с краевыми условиями шарнирного закрепления

$$w\big|_{\Gamma} = \left(\frac{d^2 w}{dn^2} - \mu\chi\,\frac{dw}{dn}\right)\Bigg|_{\Gamma} = 0, \quad r\big|_{\Gamma} = 0. \qquad (2)$$

и начальными условиями

$$w(x,0) = w_0(x), \quad w_t(x,0) = w_1(x), \quad r(x,0) = r_0(x). \qquad (3)$$

Здесь

$$N_1 = 2(1-\mu)^{-1}(\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2)$$
$$N_2 = 2(1-\mu)^{-1}(\varepsilon_2 + \mu\varepsilon_1)$$
$$N_{12} = \varepsilon_{12}$$
$$\varepsilon_1 = u_{x_1} + k_1 w + \frac{1}{2} w_{x_1}^2$$
$$\varepsilon_2 = v_{x_2} + k_2 w + \frac{1}{2} w_{x_2}^2$$
$$\varepsilon_{12} = u_{x_2} + v_{x_1} + w_{x_1} w_{x_2} \qquad (4)$$

где u, v являются решения следующей краевой задачи

$$u_{tt} - \delta_1\Delta u_t - \Delta u - \frac{1+\mu}{1-\mu}\theta_{x_1} = 2(1-\mu)^{-1}[(k_1 w)_{x_1} + w_{x_1 x_1} w_{x_1} +$$
$$+ \mu(k_2 w)_{x_1} + \mu w_{x_1 x_2} w_{x_2}] + w_{x_1 x_2} w_{x_2} + w_{x_1} w_{x_2 x_2} + X,$$
$$v_{tt} - \delta_2\Delta v_t - \Delta v - \frac{1+\mu}{1-\mu}\theta_{x_2} = 2(1-\mu)^{-1}[(k_2 w)_{x_2} + w_{x_2 x_2} w_{x_2} + u$$
$$+ \mu(k_1 w)_{x_2} + \mu w_{x_1 x_2} w_{x_1}] + w_{x_1 x_2} w_{x_1} + w_{x_2} w_{x_1 x_1} + Y,$$
$$\theta = u_{x_1} + v_{x_2},$$

$$u\big|_{\Gamma} = v\big|_{\Gamma} = 0. \qquad (5)$$

Здесь w –поперечное перемещение, $\theta = u_{x_1} + v_{x_2}$, u, v –продольные перемещения точки оболочки, Z – поперечное, X, Y – продольные составляющие массовых сил, $k_1, k_2 -$ кривизны, которые считаются непрерывно дифференцируемыми, $-\gamma\Delta w_{tt}$ определяет инерцию поворота точки оболочки, $\delta\Delta^2 w_t, \delta_1\Delta u_t, \delta_2\Delta v_t$ описывают внутреннее трение в оболочке, D – изгибная жестокость оболочки, μ – упругая постоянная, $N_1, N_2, N_{12} -$ продольные усилия в оболочке, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_{12} -$ характеристики деформации срединной поверхности оболочки, $r -$ мера количества тепла.

2^0. Функциональное пространство $\tilde{H}_2^2(\Omega, \mu)$

Пусть граница $\Gamma \in C^3$ обладает ограниченными четвертыми производными. Обозначим через $A(\Omega, \mu)$ множество всех функций на $C^3(\Omega)$, обладающих четверными производными, удовлетворяющими на Γ условиям (2).

Пополнение $A(\Omega, \mu)$ по норме

$$\|w\|_{\tilde{H}_2^2(\Omega,\mu)} = \sqrt{\left(\Delta^2 w, w\right)_{L_2(\Omega)}}$$

назовем пространством $\tilde{H}_2^2(\Omega, \mu)$, см.[4]

3^0. Функциональные пространства $B_1(\Omega \times [0,T])$ и $B_2(\Omega \times [0,T])$

Пространство $B_1(\Omega \times [0,T])$ – это пополнение множества по норме, порожденной скалярным произведением

$$(w_1, w_2)_{B_1(\Omega\times[0,T])} = \int_0^T \left[(w_{1t}, w_{2t})_{\tilde{H}_2^2(\Omega,\mu)} + (w_1, w_2)_{\tilde{H}_2^2(\Omega,\mu)}\right] dt$$

Через $B_2(\Omega \times [0,T])$, $B_3(\Omega \times [0,T])$ обозначим замыкания по нормам, порожденным скалярными произведениями

$$(\mathrm{u}_1,\mathrm{u}_2)_{B_2(\Omega\times[0,\mathrm{T}])} = \int_0^{\mathrm{T}} \left[(\mathrm{u}_{1\mathrm{t}},\mathrm{u}_{2\mathrm{t}})_{\overset{\circ}{H}{}_2^1(\Omega)} + (\mathrm{u}_1,u_2)_{\overset{\circ}{H}{}_2^1(\Omega)}\right]dt$$

$$(\mathrm{r}_1,\mathrm{r}_2)_{B_3(\Omega\times[0,\mathrm{T}])} = \int_0^{\mathrm{T}} \left[(\mathrm{r}_1,\mathrm{r}_2)_{\mathrm{L}_2(\Omega)} + (\mathrm{r}_1,\mathrm{r}_2)_{\overset{\circ}{H}{}_2^1(\Omega)}\right]dt$$

множества бесконечно дифференцируемых на $(\Omega\times[0,T])$ функций, финитных в Ω при каждом $t\in[0,T]$.

4^0. Определение слабого решения

Слабыми решениями краевой задачи (1)-(3) называются функции $w\in B_1(\Omega\times[0,T])$, $u,v\in B_2(\Omega\times[0,T])$ и $r\in B_2(\Omega\times[0,T])$, удовлетворяющие следующим интегральным соотношениям

$$\int_0^T[\int_\Omega((-w_t w'_t+\gamma\nabla w'_t+D\Delta w\Delta w'+\delta\Delta w_t\Delta w'+\alpha\nabla r\nabla w'-$$
$$-Zw'+(N_1k_1+N_2k_2)w'+N_1w_{x_1}-N_{12}w_{x_2}w'_{x_1}+$$
$$+(N_2w_{x_2}+N_{12}w_{x_1})w'_{x_2})dx]dt+\int_\Omega w_1(x)w'(x,0)-$$
$$-(\mu+1)\int_\Gamma\chi\left(D\frac{dw}{dn}\frac{dw'}{dn}+\delta\frac{dw_t}{dn}\frac{dw'}{dn}\right)ds-$$
$$-\int_\Omega(w_1(x)w'(x,0)+\gamma\nabla w_1(x)\nabla w'(x,0))dx-$$
$$-\gamma\nabla w_1(x)\nabla w'(x,0))dx=0,$$

$$\int_0^T[\int_\Omega(-u_tu'_t+\delta_1\nabla u_tu'_t+\frac{1+\mu}{1-\mu}\theta u'_{x_2}+2(1-\mu)^{-1}(k_1wu'_{x_1}+\frac{1}{2}w_{x_1}^2u'_{x_1}+$$
$$\int_0^T[\int_\Omega(-v_tv'_t+\delta_2\nabla v_tv'_t+\frac{1+\mu}{1-\mu}\theta v'_{x_2}+2(1-\mu)^{-1}(k_1wv'_{x_2}+\frac{1}{2}w_{x_1}^2v'_{x_2}+\frac{1}{2}\mu w_{x_2}^2v'_{x_1})+$$
$$+\mu(k_2wu'_{x_1}+\frac{1}{2}\mu w_{x_2}^2u'_{x_1})+w_{x_1}w_{x_2}u'_{x_2}-Xu')dx]dt+\int_\Omega u_1(x)u'(x,0)dx=0,$$

$$+ w_{x_1} w_{x_2} v'_{x_2} - Yv')dx]dt + \int_\Omega v_1(x)v'(x,0)dx = 0$$

$$\int_0^T \int_\Omega (-krr'_t + \beta \nabla r \nabla r' + \alpha w_t \Delta r')dxdt + \int_\Omega r_0(x)r'(x,0)dx = 0$$

для любых функций w', r', u', v' из любого плотного множества в $L_2(\Omega \times [0,T])$, обращающихся в 0 при *t=T*, и начальными условиями

$$\lim_{t\to 0} u(,t) \overset{L_2(\Omega)}{=} u_0,\ \lim_{t\to 0} v(,t) \overset{L_2(\Omega)}{=} v_0,\ \lim_{t\to 0} w(,t) \overset{L_2(\Omega)}{=} w_0,\ \lim_{t\to 0} r(,t) \overset{L_2(\Omega)слабо}{=} r_0$$

5^0. Теорема существования слабых решений начально-краевой задачи (1)-(5)

Теорема. Пусть граница области Ω $\Gamma \in C^3$ и имеет ограниченные производные четвертого порядка. Пусть $w_0 \in \tilde{H}_2^2(\Omega, \mu)$, $u_0, v_0 \in \tilde{H}_2^1(\Omega,)$ $w_1, u_1, v_1 \in \overset{\circ}{H}{}_2^1(\Omega)$, $r_0 \in \overset{\circ}{H}{}_2^1(\Omega)$, $X, Y \in L_2([0,T], L_p(\Omega))$, $p > 1$, $Z \in L_2(\Omega \times [0,T])$. Тогда существуют слабые решения начально-краевой задачи (1)-(5) со следующими дифференциальными свойствами:

$$w \in L_{2,\infty}^{2,0}(\Omega \times [0,T]) \cap L_{2,\infty}^{1,1}(\Omega \times [0,T]) \cap C([0,T], H_2^q(\Omega)) \cap L_{2,2}^{2,1}(\Omega \times [0,T])$$

для всех $q \geq 1$.

$$L_{2,2}^{1,1}(\Omega \times [0,T]) \cap L_{2,\infty}^{0,1}(\Omega \times [0,T])$$

Кроме того

$$r \in L_{2,\infty}^{2,0}(\Omega \times [0,T]) \cap L_{2,2}^{1,0}(\Omega \times [0,T]).$$

Список литературы:

1. Horf E. Über die Anfangswertaufgabefür die hydrodynamischenCrrundgleichungen// Math. Nachrichten, 1950-1951. №4. P. 231-231
2. Ворович И.И. О некоторых прямых методах в нелинейной теории колебаний пологих оболочек // Известия АН СССР. Сер.мат.-1957. – Т. 21. №.6. – с. 747-784.

3. В.И.Седенко, Е.В. Колпакова. Решения модели Маргерра-Власова с шарнирным закреплением края оболочки. Германия. LambertAcademicPublishing.ISBN: 978-3-8484-4720-6. 146с.-2012г.
4. В.И.Седенко, С.А.Батыгова, Е.В. Сердюкова. Теоремы существования и единственности обобщенных решений моделей Мергера-Власова колебаний пологих оболочек с малой инерцией продольных перемещений с шарнирным закреплением края. Теорема существования.// Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион, 2005г.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЛОБАЛЬНОЙ ПО ВРЕМЕНИ РАЗРЕШИМОСТИ МОДЕЛЕЙ МЕРГЕРА-ВЛАСОВА ТЕРМОУПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК С МАЛОЙ ИНЕРЦИЕЙ ПРОДОЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ С ШАРНИРНЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ КРАЯ ОБОЛОЧКИ

КУТНЯК А.О., СЕДЕНКО В.И.

РОССИЯ, РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. Излагается теорема существования слабых решений начально-краевых задач, глобальных по времени, для указанных в заглавии моделей для оболочек из материалов с малым внутренним трением и малой инерцией поворота точки оболочки, учитывающих эволюцию тепла и инерцию. Теорема существования слабых решений доказывается с помощью средств, предложенных в [1], [3] и [4].

Ключевые слова: приближения Бубнова-Галёркина, энергетическое соотношение, равномерные оценки для приближений Бубнова-Галёркина, слабая и сильная компактность, слабые решения.

Abstract. This article proves the theorem of existence of the weak solutions of the Marguerre-Vlasov's thermoelastic oscillation models of the sloping casings with the weak inertia of the longitudinal transfers of the casing's middle surface points from the materials with low inner friction and with hinge-fixation of the casing's edge.

Keywords: Bubnov-Galerkin approximation, energy correlation, uniform estimate for Bubnov-Galerkin approximation, weak and strong compactness, weak solutions.

1^{0}. Начально-краевая задача

Пусть оболочка проектируется на плоскую ограниченную область Ω с границей Γ класса C^1. Рассмотрим систему уравнений

$$w_{tt} + D\Delta^2 w + \alpha\Delta r = Z + \left(N_1 w_{x_1}\right)_{x_1} + \left(N_2 w_{x_2}\right)_{x_2} +$$

$$+ \left(N_{12} w_{x_2}\right)_{x_1} - N_1 k_1 - N_2 k_2,$$

$$k r_t - \beta\Delta r - \alpha\Delta w_t = 0 \qquad (1)$$

с краевыми условиями шарнирного закрепления

$$w\big|_\Gamma = \left(\frac{d^2 w}{dn^2} - \mu\chi\frac{dw}{dn}\right)\Bigg|_\Gamma = 0, \quad r\big|_\Gamma = 0. \qquad (2)$$

и начальными условиями

$$w(x,0) = w_0(x), \quad w_t(x,0) = w_1(x), \quad r(x,0) = r_0(x). \qquad (3)$$

Здесь

$$N_1 = 2(1-\mu)^{-1}(\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2)$$

$$N_2 = 2(1-\mu)^{-1}(\varepsilon_2 + \mu\varepsilon_1)$$

$$N_{12} = \varepsilon_{12}$$

$$\varepsilon_1 = u_{x_1} + k_1 w + \frac{1}{2} w_{x_1}^2$$

$$\varepsilon_2 = v_{x_2} + k_2 w + \frac{1}{2} w_{x_2}^2$$

$$\varepsilon_{12} = u_{x_2} + v_{x_1} + w_{x_1} w_{x_2} \qquad (4)$$

где u, v являются решения следующей краевой задачи

$$-\Delta u - \frac{1+\mu}{1-\mu}\theta_{x_1} = 2(1-\mu)^{-1}[(k_1 w)_{x_1} + w_{x_1 x_1} w_{x_1} +$$

$$+\mu(k_2 w)_{x_1}+\mu w_{x_1x_2}w_{x_2}]+w_{x_1x_2}w_{x_2}+w_{x_1}w_{x_2x_2}+X,$$

$$-\Delta v-\frac{1+\mu}{1-\mu}\theta_{x_2}=2(1-\mu)^{-1}[(k_2 w)_{x_2}+w_{x_2x_2}w_{x_2}+$$

$$+\mu(k_1 w)_{x_2}+\mu w_{x_1x_2}w_{x_1}]+w_{x_1x_2}w_{x_1}+w_{x_2}w_{x_1x_1}+Y,$$

$$\theta=u_{x_1}+v_{x_2},$$

$$u\big|_{\Gamma}=v\big|_{\Gamma}=0. \qquad (5)$$

Здесь w –поперечное перемещение, $\theta=u_{x_1}+v_{x_2}$, u,v – продольные перемещения точки оболочки, Z – поперечное, X,Y – продольные составляющие массовых сил, k_1,k_2- кривизны, которые считаются непрерывно дифференцируемыми, *D* – изгибная жестокость оболочки, μ – упругая постоянная, $N_1,N_2,N_{12}-$ продольные усилия в оболочке, $\varepsilon_1,\varepsilon_2,\varepsilon_{12}-$ характеристики деформации срединной поверхности оболочки, $r-$мера количества тепла.

2^0. Функциональное пространство $\tilde{H}_2^2(\Omega,\mu)$

Пусть граница $\Gamma\in C^3$ обладает ограниченными четвертыми производными. Обозначим через $A(\Omega,\mu)$ множество всех функций на $C^3(\Omega)$, обладающих четверными производными, удовлетворяющими на Γ условиям (2).

Пополнение $A(\Omega,\mu)$ по норме

$$\|w\|_{\tilde{H}_2^2(\Omega,\mu)}=\sqrt{\left(\Delta^2 w,w\right)_{L_2(\Omega)}}$$

назовем пространством $\tilde{H}_2^2(\Omega,\mu)$, см.[2]

3^0. Функциональные пространства $B_1(\Omega\times[0,T])$ и $B_2(\Omega\times[0,T])$

Пространство $B_1(\Omega\times[0,T])$ – это пополнение множества по норме, порожденной скалярным произведением

$$(w_1, w_2)_{B_1(\Omega\times[0,\mathrm{T}])} = \int_0^{\mathrm{T}} \left[(w_{1t}, w_{2t})_{L_2(\Omega)} + (w_1, w_2)_{\tilde{H}_2^2(\Omega,\mu)}\right]dt .$$

Через $B_2(\Omega\times[0,T])$ обозначим замыкание по норме, порожденной скалярным произведением

$$(\mathrm{r}_1, \mathrm{r}_2)_{B_2(\Omega\times[0,\mathrm{T}])} = \int_0^{\mathrm{T}} \left[(\mathrm{r}_1, \mathrm{r}_2)_{\mathrm{L}_2(\Omega)} + (\mathrm{r}_1, \mathrm{r}_2)_{\overset{\circ}{H}_2^1(\Omega)}\right]dt$$

множества бесконечно дифференцируемых на $(\Omega\times[0,T])$ функций, финитных в Ω при каждом $t\in[0,T]$.

4^0. Определение слабого решения

Слабыми решениями краевой задачи (1)-(3) называются функции $w\in B_1(\Omega\times[0,T])$ и $r\in B_2(\Omega\times[0,T])$, удовлетворяющие следующим интегральным соотношениям

$$\int_0^T [\int_\Omega ((-w_t w_t' + D\Delta w\Delta w' + \alpha\nabla r\nabla w' -$$

$$- Zw' + (N_1k_1 + N_2k_2)w' + N_1 w_{x_1} - N_{12} w_{x_2} w'_{x_1} +$$

$$+ (N_2 w_{x_2} + N_{12} w_{x_1})w'_{x_2})dx]dt + \int_\Omega w_1(x)w'(x,0) -$$

$$-(\mu+1)\int_\Gamma \chi\left(D\frac{dw}{dn}\frac{dw'}{dn}\right)ds -$$

$$-\int_\Omega (w_1(x)w'(x,0) + \gamma\nabla w_1(x)\nabla w'(x,0))dx -$$

$$-\gamma\nabla w_1(x)\nabla w'(x,0))dx = 0,$$

$$\int_0^T \int_\Omega (-krr'_t + \beta \nabla r \nabla r' + \alpha w_t \Delta r')dxdt + \int_\Omega r_0(x) r'(x,0)dx = 0$$

для любых функций w', r' из любого плотного множества в $L_2(\Omega \times [0,T])$, обращающихся в 0 при *t=T*, и начальными условиями

$$\lim_{t\to 0} w(,t) \overset{L_2(\Omega)}{=} w_0, \quad \lim_{t\to 0} r(,t) \overset{L_2(\Omega)\text{ слабо}}{=} w_0$$

5^0. Теорема существования слабых решений начально-краевой задачи (1)-(3)

Теорема. Пусть граница области Ω $\Gamma \in C^3$ и имеет ограниченные производные четвертого порядка. Пусть $w_0 \in \tilde{H}_2^2(\Omega, \mu)$, $w_1 \in L_2(\Omega)$, $r_0 \in \overset{\circ}{H}{}_2^1(\Omega)$, $X(,0)$, $Y(,0) \in L_p(\Omega)$, $X, Y \in L_{p,1}^{0,1}(\Omega \times [0,T])$, $p > 1$, $Z \in L_2(\Omega \times [0,T])$. Тогда существуют слабые решения начально-краевой задачи (1)-(3) со следующими дифференциальными свойствами:

для всех $l \geq 1$

$$w \in L_{2,\infty}^{2,0}(\Omega \times [0,T]) \cap C([0,T], H_l^1(\Omega))$$

при $1 < p < 2$

$$u, v \in L_\infty([0,T], \overset{\circ}{H}{}_2^1(\Omega)) \cap L_\infty([0,T], H_p^2(\Omega))$$

при $p \geq 2$

$$u, v \in L_\infty([0,T], \overset{\circ}{H}{}_2^1(\Omega)) \cap L_\infty([0,T], H_q^2(\Omega))$$

для всех $q < 2$.

Кроме того

$$r \in L_{2,\infty}^{2,0}(\Omega \times [0,T]) \cap L_{2,2}^{1,0}(\Omega \times [0,T]).$$

Для доказательства теоремы осуществляется построение приближений Бубнова-Галёркина, для которых выводятся энергетические соотношения равномерного характера. Из энергетических соотношений следуют равномерные оценки по номеру приближения. Соображения, связанные со слабой и сильной компактностью, позволяют с использованием предельного перехода доказать существование слабых решений.

Список литературы:

1. Ворович И.И. О некоторых прямых методах в нелинейной теории колебаний пологих оболочек // Известия АН СССР. Сер. мат.-1957. – Т. 21. №.6. – с. 747-784.
2. В.И.Седенко, С.А.Батыгова, Е.В. Сердюкова. Теоремы существования и единственности обобщенных решений моделей Мергера-Власова колебаний пологих оболочек с малой инерцией продольных перемещений с шарнирным закреплением края. Теорема существования.// Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион, 2005г.
3. В.И.Седенко, Е.В. Колпакова. Решения модели Маргерра-Власова с шарнирным закреплением края оболочки. Германия. Lambert Academic Publishing. ISBN: 978-3-8484-4720-6. 146с.-2012г.
4. Horf E. Über die Anfangswertaufgabe für die hydrodynamischen Crrundgleichungen// Math. Nachrichten, 1950-1951. №4. P. 231-231

SECTION 2.

CHEMICAL SCIENCE

РАСЧЕТЫ СТАНДАРТНОЙ ЭНТАЛЬПИИ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ И СУЛЬФИДОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

ГРУБА О.Н., ГЕРМАНЮК Н.В., РЯБУХИН А.Г.

РОССИЯ, ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. На примерах оксидов и сульфидов щелочноземельных металлов показаны возможности математической модели расчета стандартной энтальпии образования для бинарных соединений.

Ключевые слова: щелочноземельные металлы, оксид, сульфид, энтальпия образования, математическая модель, заряд ядра.

Abstract. The possibilities of the mathematical model for calculating the standard enthalpy of formation of binary compounds on examples of oxides and sulfides of alkaline earth metals are shown.

Keywords: alkaline-earth metals, oxide, sulfide, enthalpy of formation, mathematical model, nuclear charge.

С начала прошлого века учеными предпринимались многочисленные попытки связать термодинамические свойства веществ с зарядами ядер атомов. При этом достаточно часто в расчетное уравнение вводится так называемый «эффективный» заряд ядра – порядковый номер элемента с переменной (и, как правило, не обоснованной) поправкой. В работах [1, 2] авторами предложена эмпирическая модель расчета стандартной энтальпии образования $\Delta_f H^\circ_{298}$ (кДж·моль$^{-1}$) в зависимости от суммарного заряда ядра. В этой модели в качестве функции взята «удельная энтальпия» *h* – отношение энтальпии образования к общему заряду ядер. По определению *h* – эффективная величина, так как принимается, что на каждый ядерный заряд приходится одинаковая доля энтальпии. Однако принято, что ядра пространственно разделены.

Имеющиеся справочные данные по $\Delta_f \mathrm{H}^\circ(\mathrm{MeO}, \mathrm{к})$ [3−7] позволяют использовать полуэмпирическую модель расчета энтальпии образования соединений [8]. Согласно этой модели для однотипных по составу веществ, кристаллизующихся в одной пространственной группе, удельная энтальпия образования соединения ($h = \frac{-\Delta_f H^\circ_{298}}{\Sigma z}$) прямо пропорциональна относительному заряду ядра атома металла ($z_Э = \frac{z_{Me}}{\Sigma z}$). Эта зависимость приводится к линейному уравнению вида

$$h = h_0 + k\, z_Э . \qquad (1)$$

Здесь h_0 и k – эмпирические коэффициенты для данной группы соединений.

Проиллюстрируем возможности модели на бинарных кристаллических соединениях халькогенов (кислород, сера) с щелочноземельными металлами.

Оксиды щелочноземельных металлов (Ca, Sr, Ba, Ra) кристаллизуются в кубической сингонии (пространственная группа NaCl, $Fm3m-4$).

Для вывода уравнения (1) используем наиболее надежные справочные данные – стандартные энтальпии образования оксидов кальция и стронция (таблица 1, колонка 3). После математической обработки справочных величин получаем эмпирическое уравнение для расчета удельной энтальпии оксидов щелочноземельных металлов

$$h(MeO) = 83{,}699181 - 85{,}424403\, z_Э . \qquad (2)$$

Результаты вычислений термохимических характеристик кристаллических оксидов щелочноземельных металлов представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Стандартная энтальпия образования (СЭО) кристаллических оксидов щелочноземельных металлов

$_z$Me	$\frac{\Sigma z}{z_Э}$	$-\Delta_f H^\circ_{298}(\text{MeO, к})$, [3–7]	$h=\frac{-\Delta_f H^\circ_{298}}{\Sigma z}$ h, ур. (2)	$-\Delta_f H^\circ_{298}(\text{MeO, к})$, расч.
1	2	3	4	5
$_{20}$Ca	28 0,7142857	635,089±0,418	22,681750 22,681750	635,090
$_{38}$Sr	46 0,826087	604,035±1,464	13,131196 13,131196	604,035
$_{56}$Ba	64 0,875000	572,981±4,184	8,952828 8,982823	572,981
$_{88}$Ra	96 0,916667	517,560±2,510	5,393465 5,391250	517,773

Справочные значения (колонка 3 табл. 1) и расчетные данные по $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{MeO, к})$ (колонка 5 табл. 1) хорошо согласуются между собой, что подтверждает адекватность используемой модели.

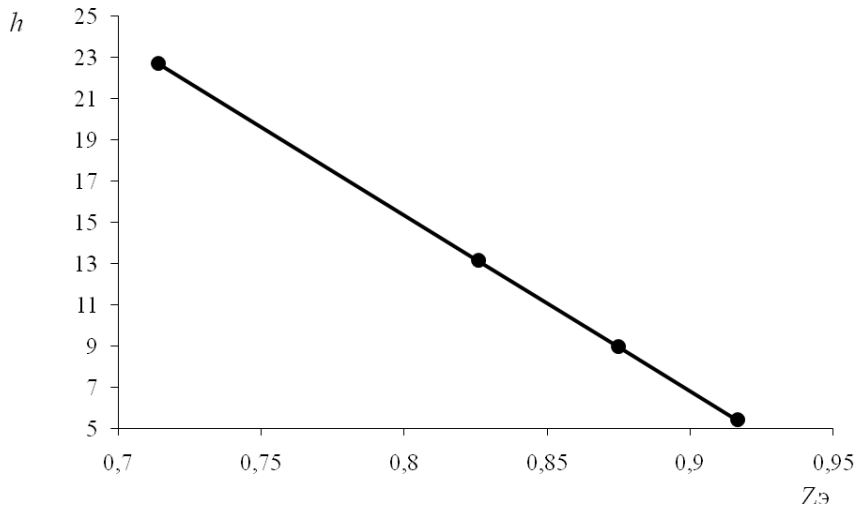


Рис. 1. Зависимость удельной энтальпии образования оксидов щелочноземельных металлов MeO от относительного заряда ядра металла (━ – расчет, ● – эксперимент)

Моносульфиды щелочноземельных металлов MeS также кристаллизуются в пространственной группе NaCl, $Fm3m-4$.

Математическая обработка имеющихся данных по стандартным энтальпиям образования сульфидов щелочноземельных металлов (колонка 3 табл. 2) позволила определить эмпирические коэффициенты уравнения (1) для данной группы соединений. Окончательно расчетное уравнение примет вид

$$h(MeS) = 30{,}144543 - 30{,}536679\, z_{Э}. \qquad (3)$$

Результаты вычислений термохимических характеристик кристаллических сульфидов щелочноземельных металлов приведены в таблице 2 и на рисунке 2.

Для сульфида радия надежная информация о стандартной энтальпии образования отсутствует. Использование полуэмпирической модели взаимосвязи удельной энтальпии образования и относительного ядерного заряда позволяет произвести уточняющие расчеты этой характеристики.

Таблица 2 – Стандартная энтальпия образования (СЭО) кристаллических сульфидов щелочноземельных металлов

$_{z}\mathrm{Me}$	Σz $z_{Э} = \frac{z_{Me}}{\Sigma z}$	$-\Delta_f \mathrm{H}^{\circ}(\mathrm{MeS}, \text{к})$, [3–7]	$h = \frac{-\Delta_f H^{\circ}_{298}}{\Sigma z}$ h, ур. (3)	$-\Delta_f \mathrm{H}^{\circ}(\mathrm{MeS}, \text{к})$, расч.
1	2	3	4	5
$_{20}$Ca	36 0,555556	474,470±2,092	13,179722 13,179721	474,470
$_{38}$Sr	54 0,703704	467,412±2,510	8,655778 8,655769	467,412
$_{56}$Ba	72 0,777778	460,660±3,138	6,398056 6,393795	460,353
$_{88}$Ra	104 0,846154	Отс.	– 4,305815	447,805

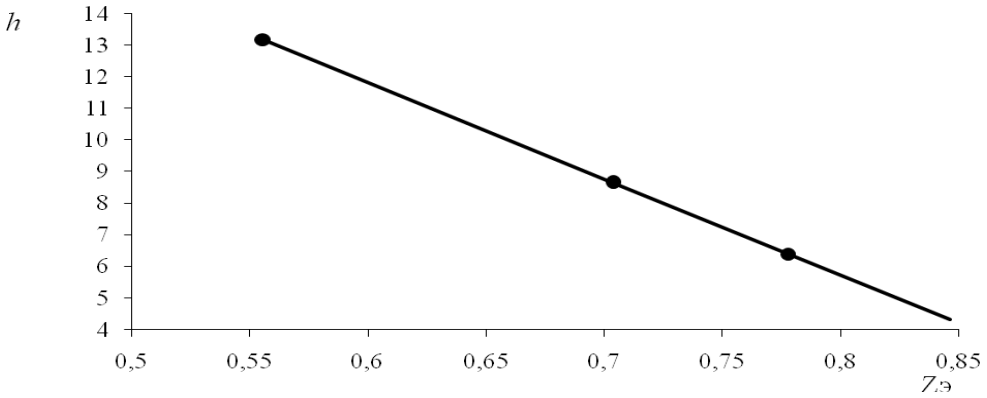


Рис. 2. Зависимость удельной энтальпии образования сульфидов щелочноземельных металлов MeS от относительного заряда ядра металла (– – расчет, ● – эксперимент)

Заключение

Предлагаемая модель позволяет с высокой точностью проводить расчеты неизвестных ранее энтальпийных характеристик (стандартные энтальпии образования) бинарных кристаллических соединений, а также уточнять уже имеющиеся. Расчеты проведены, опираясь на сведения справочных (академических) изданий по термодинамическим константам.

Список литературы:

1. Ватолин Н.А., Моисеев Г.К., Трусов Б.Г. Термодинамическое моделирование в высокотемпературных неорганических системах. – М.: Металлургия, 1994. – 352 с.
2. Моисеев Г.К., Ивановский А.Л. Стандартные энтальпии образования родственных соединений в системах металл – бор. // Изв. ЧНЦ УрО РАН. 2005. – Вып. 3(29). – С. 5–9.
3. Химическая энциклопедия в 5 т. – М.: СЭ, 1990.
4. Термические константы веществ. Спр. в 10 вып. / Под ред. В.П. Глушко. М.: АН СССР, ВИНИТИ. http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html.
5. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочное издание в 4 т. / под ред. В.П. Глушко. – М.:АН СССР, ВИНИТИ. – Т. IV. – Кн. 2. – 1982. – 560 с.
6. Термодинамические свойства неорганических веществ: Справочник / У.Д. Верятин, В.П. Маширев, Н.Г. Рябцов и др.; Под общ. ред. д.т.н. А.П. Зефирова. – М.: Атомиздат, 1965. – 460 с.
7. Справочник химика. / Под ред. Б.П. Никольского. – М.-Л.: Химия, 1966. – Т. 1. – 1071 с.

8. Рябухин А.Г. Математические модели расчета термических констант // Изв. ЧНЦ УрО РАН. − 2007. − Вып. 1 (35). − С. 24−36.

SECTION 3.

BIOLOGICAL SCIENCES

ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВОЙ НАГРУЗКИ НА РЕАБСОРБЦИЮ БЕЛКА В ПОЧЕЧНЫХ КАНАЛЬЦАХ ЛЯГУШКИ

ПРУЦКОВА Н.П., СЕЛИВЁРСТОВА Е.В.

РОССИЯ, ИНСТИТУТ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ ИМ. И.М. СЕЧЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Аннотация. Целью модельного исследования было изучение абсорбционной ёмкости проксимальных канальцев почки травяной лягушки *Rana temporaria* L. после белковой нагрузки. Лизоцим и жёлтый флюоресцентный белок (YFP) вводили в спинной лимфатический мешок. Морфологический анализ проводили с помощью флюоресцентной или конфокальной микроскопии и иммуногистохимии. Лизоцим использовали для ежедневной нагрузки в течение 2-4-х дней (7 или 15 мг/0.5 мл на лягушку). На следующий день или через 3-5 дней после прекращения нагрузки в качестве тестируемого белка вводили YFP (17 мкг/100мкл/30 г массы тела). Как показал подсчёт среднего числа профилей проксимальных канальцев с флюоресценцией YFP, а также числа флюоресцентных эндоцитозных везикул в эпителиальных клетках, захват YFP достоверно снижался с повышением величины и длительности нагрузки лизоцимом. Выявлено постепенное восстановление сниженной реабсорбции YFP через 3 и 5 дней после прекращения нагрузки, что сопровождалось снижением количества аккумулированного в эпителиальных клетках канальцев лизоцима. Восстановление всасывания YFP наблюдалось одновременно с увеличением экспрессии рецепторов эндоцитоза – мегалина и кубилина. Изменения абсорбционной ёмкости эпителиальных клеток канальцев могут быть рассмотрены как приспособительный механизм, защищающий клетки от перегрузки белком и последующих тубуло-интерстициальных поражений.

Ключевые слова: почка, лягушка, реабсорбция белка, проксимальный каналец, лизоцим, флюоресцентный белок, эндоцитоз, мегалин, кубилин

Abstract. The aim of the model study was to investigate the absorption capacity of renal proximal tubules in the common frog, *Rana temporaria* L., after protein load.

Lysozyme and yellow fluorescent protein (YFP) were injected into dorsal lymphatic sac. Morphological analysis was performed by fluorescent or confocal microscopy and immunohistochemistry. Lysozyme was used for daily loading for 2-4 days (7 or 15 mg/0.5 ml per frog). YFP as a test protein (17 µg/100µl/30 g body weight) was administered the next day or after 3-5 days after stopping the load. As shown by quantification of the average number of proximal tubular profiles with YFP fluorescence and also the number of fluorescent endocytic vesicles in epithelial cells, YFP uptake significantly decreased with increasing magnitude and duration of lysozyme load. Gradual recovery of reduced YFP reabsorption was revealed 3 and 5 days after cessation of the load that was accompanied by a decrease in the amount of accumulated lysozyme in tubular epithelial cells. Restoration of YFP absorption was viewed with a simultaneous increase in the expression of endocytic receptors, megalin and cubilin. Changes in absorptive capacity of the tubular epithelial cells may be considered as adaptive mechanism to protect epithelial PT cells against protein overload and following tubulointerstitial damages.

Keywords: kidney, frog, protein reabsorption, proximal tubule, lysozyme, fluorescent protein, endocytosis, megalin, cubilin.

Введение

Согласно современным представлениям о реабсорбции белка в почке млекопитающих и человека, профильтровавшиеся в почечных клубочках белки поступают к люминальной мембране клеток проксимального канальца (ПК) и всасываются в эпителиальных клетках путём рецептор-опосредованного эндоцитоза с участием специальных мембранных рецепторов – мегалина и кубилина [1–2]. Эти низкоаффинные мультилигандные рецепторы являются членами семейства рецепторов липопротеинов низкой плотности (LDL-рецепторов), их дефицит или отсутствие у животных с нокаутом кодирующих генов приводит к канальцевой протеинурии и тяжёлым формам патологии почек [3–5]. Есть некоторые основания говорить о сходстве процесса реабсорбции белка у млекопитающих и амфибий. Имеется в виду способность мезонефроса амфибий к фильтрации макромолекул и их захвату клетками ПК из канальцевой жидкости [6], а также динамика эндоцитоза и везикулярного внутриклеточного транспорта [7–9]. Кроме того, в пронефросе головастика шпорцевой лягушки выявлена экспрессия мегалина и кубилина [10]. В наших исследованиях на *R. temporaria* показано вовлечение этих

рецепторов в захват и везикулярный внутриклеточный транспорт экзогенных белков – жёлтого флюоресцентного белка (YFP), а также лизоцима [8, 11–12], что свидетельствует о наличии в почке лягушки механизма рецептор-опосредованного эндоцитоза, аналогичного таковому у млекопитающих. Это позволяет использовать почку лягушки в качестве удобной и адекватной модели для изучения молекулярных механизмов эндоцитоза белка, действующих in vivo в почке амфибий.

Известно, что перегрузка ПК белком нарушает структуру и функции эпителиальных клеток, как это бывает при нарушениях фильтрационного барьера и развитии гломерулярной протеинурии, приводящей к тубуло-интерстициальному фиброзу. В модельных исследованиях на аксолотлях показано значительное накопление белка и липидов в почке при внутрибрюшинных инъекциях белков сыворотки крови, при этом выраженные признаки тубуло-интерстициальной активации наступали при увеличении продолжительности инъекций от 4-х до 10-ти дней [13]. В связи с этим представляет интерес изучение динамики и особенностей эндоцитоза белка при повышении канальцевой нагрузки, а также возможных внутриклеточных механизмов, замедляющих деструктивные процессы. В наших предыдущих исследованиях на лягушках показано, что последовательное введение двух флюоресцентных белков с интервалом 30 и 90 мин снижало реабсорбцию белка, введённого позже [11]. В то же время в предварительных опытах установлено, что введение лизоцима не влияло на результат последующего введения YFP. Это могло быть обусловлено устойчивостью YFP к гидролизу в лизосомах, а также различиями в характере взаимодействия с рецепторами модельного чужеродного белка и лизоцима как специфического лиганда LDL-рецепторов. В связи с этим предстояло выяснить, как повлияет введение лизоцима в нагрузочной дозе на реабсорбцию тестируемого YFP в модельном эксперименте на лягушках. В задачи настоящей работы входило: 1) охарактеризовать абсорбционную ёмкость эпителия ПК почки лягушки при повышении величины и длительности предварительной нагрузки лизоцимом; 2) оценить способность эпителиальных клеток к рецепторному захвату YFP после прекращения нагрузки; 3)

иммуногистохимическим методом определить наличие лизоцима и рецепторов эндоцитоза в клетках ПК после перерыва в нагрузке.

Материал и методы исследования

Эксперименты выполнены на 45-ти самцах травяной лягушки (Rana temporaria L.) в период зимовки (октябрь – апрель). Содержание животных соответствовало требованиям регламента, принятого в ИЭФБ РАН (Комиссия по биоэтике, протокол № 4 от 17.01.2013). Растворы белков готовили на изотоническом 0.01 М фосфатно-солевом буфере (PBS). Использовали лизоцим куриного яйца (Sigma Aldrich, Inc., США) и высокоочищенный рекомбинантный YFP (Институт белка РАН, Пущино-на-Оке). Белки вводили в спинной лимфатический мешок. Опыты проводили при комнатной температуре. Лизоцим (7 или 15 мкг/0.5 мл на лягушку) вводили ежедневно (утром, в течение 2–4-х дней) и через 1 ч животных возвращали в холодильную камеру. Введение YFP (17 мкг/100 мкл/ 30 г массы тела) осуществляли на следующий день после последней инъекции лизоцима или с перерывом в 3 или 5 дней. Через 1 ч после введения YFP извлекали почки для фиксации образцов ткани и последующего морфологического анализа. Контролем к эффекту лизоцима служило введение PBS. В отдельных экспериментах анализировали результаты однократного внутривенного введения белков в разные сроки после инъекций. В морфологических исследованиях использовали методы иммуногистохимии, флюоресцентной и конфокальной микроскопии. Подготовка образцов соответствовала предыдущим исследованиям [7–8, 11]. Срезы готовили в криостате CM 1510 (Leica, Германия). Свечение YFP регистрировали в зелёной области спектра с помощью флюоресцентного микроскопа “Biozero” (серия BZ-8100E, Keyence Corporation, Япония), оснащённого фильтром OP-66835 BZ FILTER GFP и объективом 40х. Для проведения иммунных реакций применяли описанный ранее протокол [8, 11], используя поликлональные кроличьи антитела к лизоциму (Abcam Inc., США), мегалину и кубилину (Santa Cruz Biotechnology Inc., США), а также флюоресцентный коньюгат Alexa Fluor 488-IgG (Invitrogen, США). Препараты анализировали и фотографировали с помощью конфокального микроскопа Leica TCS SP5 (Leica Microsystems, Германия), пользуясь объективом 63х.

Использовали спектры возбуждения 488 нм для Alexa Fluore 488 с регистрацией свечения при 500-515 нм. Микроскопический анализ состояния структуры нефронов в контроле и после нагрузки лизоцимом осуществляли на приготовленных по стандартной методике ультратонких срезах с последующей морфометрией почечных клубочков и ПК. Результаты всасывания YFP оценивали на основании подсчёта флюоресцентных везикул для 5-ти соседних клеток среза ПК, а также количества профилей ПК со свечением этого белка на фронтальных срезах почки. Рассчитывали средние значения исследуемых показателей со стандартной ошибкой (M±SEM), используя 3-5 лягушек и 90-150 изображений для каждой позиции опыта. Применяли однофакторный дисперсионный анализ с последующим тестом Ньюмана-Кейлса, различия считали статистически значимыми при $p<0.05$.

Результаты и обсуждение

Флюоресценция YFP выявлялась в эпителиальном слое большинства профилей ПК, находящихся в супрагломерулярной зоне дорсолатеральной части почки (рис. 1А). В контроле, после введения PBS или у интактных лягушек, специфический зелёный сигнал отсутствовал, в отличие от фоновой флюоресценции в жёлто-красной области спектра. Интернализованный YFP локализовался в эндоцитозных везикулах преимущественно апикальной зоны эпителиальных клеток (рис. 1Б). Показано, что в результате 4-дневной нагрузки лизоцимом число ПК со свечением YFP существенно снижалось по сравнению с контролем (рис. 1, В), особенно при увеличении нагрузки с 7 до 15 мг лизоцима (рис. 2, столбцы 1-3). Анализ распределения содержащих YFP эндоцитозных везикул в эпителиальном слое ПК также подтвердил снижение всасывания YFP в результате нагрузки лизоцимом. Изменение числа флюоресцентных везикул в зависимости от величины и длительности нагрузки лизоцимом (рис. 3, столбцы 1-4) было аналогичным изменению количества флюоресцентных профилей ПК.

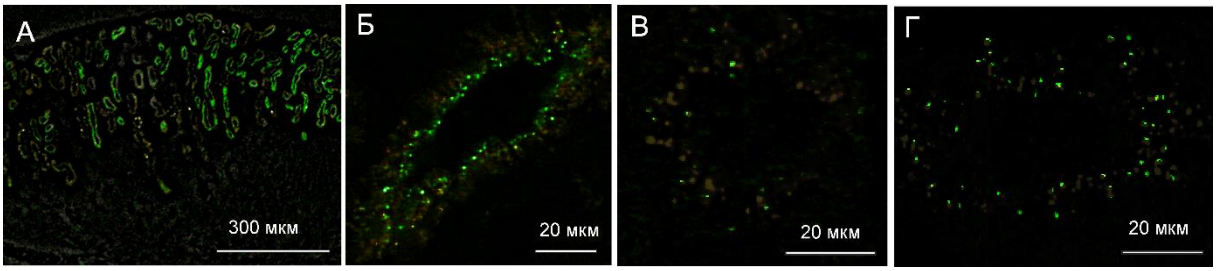


Рис. 1. Реабсорбция YFP в эпителии ПК почки лягушки. А, Б – свечение YFP в ПК дорсолатеральной части почки (А) и в апикальных эндоцитозных везикулах клеток канальца (Б) через 1 ч после инъекции; В – снижение реабсорбции после 4-дневной нагрузки лизоцимом; Г – повышение всасывания YFP на 5-й день после прекращения нагрузки

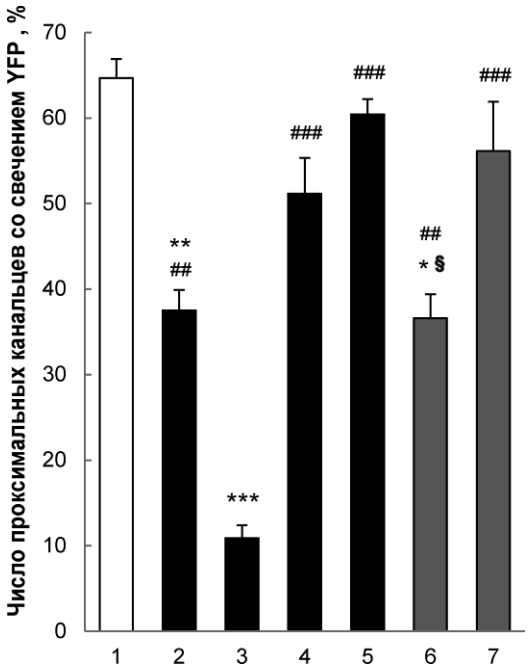


Рис. 2. Распределение ПК со свечением YFP через 1 ч после инъекции белка (% от общего числа профилей ПК на фронтальных срезах почки) после нагрузки лизоцимом

1 – YFP-контроль; 2-5 – эффект нагрузки лизоцимом в дозе 7 мг (2) и 15 мг (3) в течение 4-х дней и в дозе 15 мг в течение 3-х (4) и 2-х (5) дней; 6-7 – увеличение канальцевой реабсорбции YFP на 3-й (6) и 5-й (7) день после прекращения нагрузки. Достоверность различий: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001 по сравнению с 1; $^{\#\#}p$<0.01, $^{\#\#\#}p$<0.001 по сравнению с 3; $^{\S}p$<0.05 по сравнению с 5 и 7

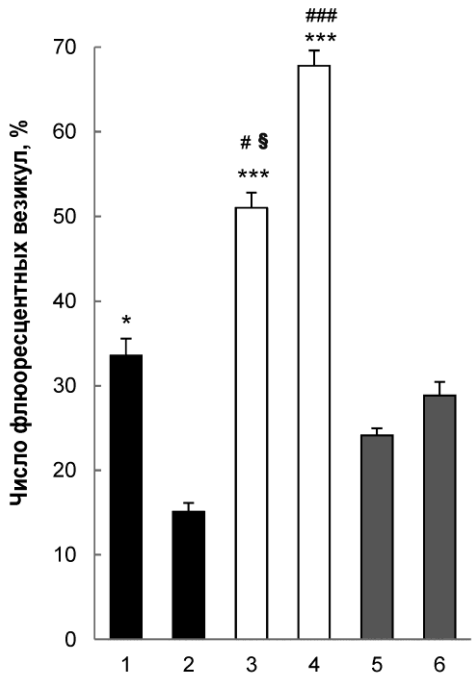


Рис. 3. Распределение эндоцитозных везикул со свечением YFP в эпителиальном слое ПК после нагрузки лизоцимом (% от YFP-контроля)

1-2 – 4-дневная нагрузка введением 7 и 15 мг лизоцима, соответственно; 3-4 – введение 15 мг лизоцима в течение 3-х и 2-х дней, соответственно; 5-6 – увеличение канальцевой реабсорбции YFP на 3-й и 5-й день после прекращения нагрузки. Достоверность различий: *$p<0.05$, ***$p<0.001$ по сравнению с 2; $^{\#}p<0.05$, $^{\#\#\#}p<0.001$ по сравнению с 5 и 6; $^{\S}p<0.05$ по сравнению с 4

Следовало учесть, что пролонгированная белковая нагрузка может приводить к морфологическим нарушениям структуры нефрона. У амфибий, как и у млекопитающих, альбумин может действовать как провоспалительный фактор, инициируя тубуло-интерстициальный фиброз [13–14]. Расширение гломерулярного пространства и просвета ПК могло повлиять на гидродинамику канальцевой жидкости вблизи сайтов связывания белков на люминальной мембране клеток. Однако в настоящей работе не обнаружено различий измеренных параметров клубочков и ПК между группами лягушек – контрольных (без инъекций), после 4-дневного введения PBS (PBS-контроль) или нагрузки лизоцимом (Таблица).

Таблица – Морфометрические параметры структур нефрона лягушки

Группы животных	Площадь профиля клубочка			Диаметрпрофиля канальца		
	n	M (x10^3 мкм^2)	SEM (x10^3 мкм^2)	n	M (мкм)	SEM (мкм)
Контроль	5	3.29	0.08	5	44.8	0.5
PBS-контроль	4	3.7	0.12	5	43.0	0.5
Нагрузка лизоцимом	4	3.77	0.20	4	44.4	0.8

M – среднее значение, SEM – стандартная ошибка, n – число лягушек (20–40 клубочков и 50 проксимальных канальцев для каждой лягушки). Нет достоверных отличий между группами.

Данные согласуются с отсутствием повреждающего эффекта 4-дневной белковой нагрузки на клетки ПК у аксолотлей [13, 15], которым вводили сходное количество альбумина (в пересчёте на молярную концентрацию). При этом в опытах на аксолотлях нагрузка могла быть более интенсивной, поскольку введённый внутрибрюшинно альбумин в первую очередь поступал в те ПК, которые принадлежали имеющимся у хвостатых амфибий «открытым» нефронам и сообщались с целомической полостью через открывающиеся в неё специальные воронки (нефростомы). У лягушек, представителей бесхвостых амфибий, такие нефроны отсутствуют. Кроме того, в использованной нами модели происходило всасывание в ПК низкомолекулярного белка, фильтрующегося в почечных клубочках быстрее альбумина. Результат нагрузки лизоцимом характеризует абсорбционную ёмкость клеток ПК гидратированной лягушки в условиях оптимального уровня клубочковой фильтрации [16], скорость которой, однако, меньше по сравнению с млекопитающими [9].

Важным фактом явилась демонстрация способности клеток канальцев к постепенному восстановлению абсорбции по мере увеличения интервала после нагрузки (рис. 2, столбцы 6, 7; рис. 3, столбцы 5, 6). Число флюоресцентных профилей ПК на 5-й день практически достигало контрольного уровня. Увеличение числа флюоресцентных везикул, однако, было не столь значительно, поскольку они присутствовали не во всех клетках эпителиального слоя канальцев. Препятствием к быстрому восстановлению абсорбции YFP могла быть перегрузка лизосомального аппарата клеток введённым ранее белком. Показано, что в почке лягушки

YFP и лизоцим всасываются в ПК сходным образом, что видно при сравнении рис. 1 (А, Б) и рис. 4 (А, Б).

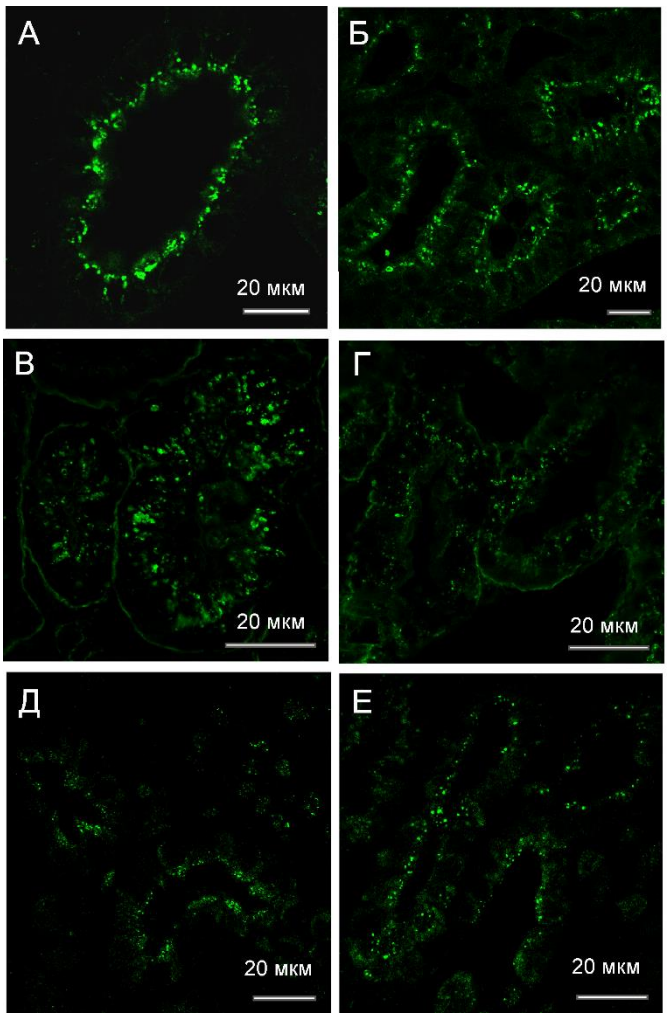


Рис. 4. Иммуногистохимическая детекция лизоцима и рецепторов эндоцитоза в клетках ПК почки лягушки:

А, Б – локализация метки к лизоциму в апикальной области цитоплазмы эпителиоцитов отдельного канальца (А) и в группе соседних профилей канальцев (Б) надгломерулярной зоны среза почки через 30 мин после однократной инъекции белка; В, Г – аккумулированный лизоцим через 3 дня после прекращения нагрузки (В) и снижение его количества через 5 дней (Г); распределение иммуномеченого мегалина через 3 дня после прекращения нагрузки (Д) и увеличение его экспрессии через 5 дней (Е)

Установлено, что реабсорбция обоих белков в клетках ПК у лягушки происходит по механизму рецептор-опосредованного эндоцитоза [8, 11–12]. Поэтому характер восстановления способности ПК к абсорбции YFP

был сопоставлен с наличием в клетках ПК абсорбированного лизоцима и экспрессией мегалина и кубилина. Выявлено присутствие в клетках ПК лизоцима, который оставался в них через 3-5 дней после прекращения 4-дневной нагрузки. Однако очевидны различия в характере распределения лизоцима при однократном введении (рис. 4, А, Б) и после ежедневных инъекций (В, Г). В первом случае иммунофлюоресценция локализовалась в апикальных эндоцитозных везикулах, во втором – в многочисленных везикулах (лизосомах) центральной и базальной части цитоплазмы. При этом установлено, что с увеличением времени после прекращения нагрузки количество метки к лизоциму существенно уменьшалось (рис. 4, В, Г). Параллельная иммуногистохимическая детекция рецепторов эндоцитоза показала, что выраженность экспрессии мегалина и кубилина, наоборот, увеличивалась (рис. 4, Д, Е).

В целом, нагрузка лизоцимом приводила к снижению реабсорбции YFP в ПК почки лягушки пропорционально величине и длительности нагрузки. Показана способность ПК к восстановлению сниженной абсорбционной ёмкости эпителиальных клеток. Прекращение белковой нагрузки приводило к постепенному снижению аккумулированного в клетках лизоцима и увеличению всасывания YFP, что сопровождалось повышением экспрессии участвующих в этом процессе рецепторов эндоцитоза. Продемонстрированные эффекты белковой нагрузки могут быть обусловлены замедлением процессов лизосомальной деградации белка и рециклинга эндоцитозных рецепторов и рассматриваться как проявление механизма, защищающего эпителиальные клетки от перегрузки белком на начальных этапах развития протеинурии.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 13-04-00039).

Список литературы:

1. Verroust P.J., Birn H., Nielsen R., Kozyraki R., Christensen E.I. The tandem endocytic receptors megalin and cubilin are important proteins in renal pathology. Kidney Int. 2002. V. 62. P. 745–756.
2. Christensen E. I., Verroust P. J., Nielsen R. Receptor-mediated endocytosis in renal proximal tubule. Pflügers Arch. 2009. V. 458. N 6. P. 1039–1048.

3. Leheste J.R., Rolinski B., Vorum H., Hilpert J., Nykjaer A., Jacobsen C., Aucouturier P., Moskaug J.O., Otto A., Christensen E.I., Willnow T.E. Megalin knockout mice as an animal model of low molecular weight proteinuria. Am. J. Pathol. 1999. V. 155. N. 4. P. 1361–1370.
4. Verroust P.J., Birn H., Nielsen R., Kozyraki R., Christensen E.I. The tandem endocytic receptors megalin and cubilin are important proteins in renal pathology. Kidney Int. 2002. V. 62. P. 745–756.
5. Christensen E.I., Gburek J. Protein reabsorption in renal proximal tubule-function and dysfunction in kidney pathophysiology. Pediatr. Nephrol. 2004. V. 19. P. 714–721.
6. Zhou X., Vize P.D. Proximo-distal specialization of epithelial transport processes within the Xenopus pronephric kidney tubules. Develop. Biol. 2004. V. 271. N. 2. P. 322–338.
7. Prutskova N.P., Seliverstova E.V. Tubular GFP uptake pattern in the rat and frog kidneys. Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol. 2011. V. 160. N. 2. P. 175–183.
8. Seliverstova E.V., Prutskova N.P. Receptor-mediated endocytosis of lysozyme in renal proximal tubules of the frog Rana temporaria. Eur. J. Histochem. 2015. V. 59. N. 2482. P. 79–86.
9. Пруцкова Н.П., Кутина А.В. Сравнительный анализ реабсорбции флюоресцентных белков в почках лягушки и крысы. Журн. эвол. биохим. физиол. 2015. Т. 51. № 3. С. 221–224.
10. Christensen E., Raciti D., Reggiani L., Verroust P.J., Brändli A.W. Gene expression analysis defines the proximal tubule as the compartment for endocytic receptor-mediated uptake in the Xenopus pronephric kidney. Pflügers Arch. 2008. V. 456. N 6. P. 1163–1176.
11. Prutskova N. P., Seliverstova E. V. Absorption capacity of renal proximal tubular cells studied by combined injections of YFP and GFP in Rana temporaria L. Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol. 2013. V. 166. N. 1. P. 138–146.
12. Селиверстова Е.В., Пруцкова Н.П. Реабсорбция желтого флюоресцентного белка в почке Rana temporaria путем рецептор-опосредованного эндоцитоза. Журн. эвол. биохим. физиол. 2014. Т. 50. № 6. С. 454–462.
13. Gross M.L, Hanke W., Koch A., Ziebart H., Amann K., Ritz E. Intraperitoneal protein injection in the axolotl: the amphibian kidney as a novel model to study tubulointerstitial activation. Kidney Int. 2002. V. 62. N. 1. P. 51–59.
14. Gekle M. Renal tubule albumin transport. Annu. Rev. Physiol. 2005. V. 67. P. 573–594.
15. Timmeren van M.M., Gross M.L., Hanke W., Klok P.A., van Goor H., Stegeman C.A., Bakker S.J. Oleic acid loading does not add to the nephrotoxic effect of albumin in an amphibian and chronic rat model of kidney injury. Nephrol. Dial. Transplant. 2008. V. 23. P. 3814–3823.
16. Пруцкова Н.П. Фильтрация о реабсорбция зелёного флюоресцентного белка в почке лягушки Rana temporaria: эффект аргинин-вазотоцина. Журн. эвол. биохим. физиол. 2011. Т. 47. № 1. С. 54–61.

COLLECTING AND DRYING HERBARIUM SAMPLES BETWEEN SPUNBOND SHEETS

SLAVGORODSKI A.

RUSSIA, VORONEZH STATE UNIVERSITY

Аннотация. Предложена новая технология сбора и сушки гербарных образцов. Она состоит в использовании нетканых полимерных материалов (спанбонд) для создания воздушной прослойки, как между образцами растений, так и сеткой пресса. Пресс стягивается синтетическими ремнями с силовыми затяжками.

Ключевые слова: Гербарий, новый способ сушки растений, спанбонд.

Abstract. The new technology of collecting and drying herbarium samples. It consists in the use of nonwoven polymeric materials (spunbond) to create an air layer as between samples of plants and mesh press. Press shrinks synthetic straps with power puffs.

Keywords: herbarium, a new method of drying plants, spunbond.

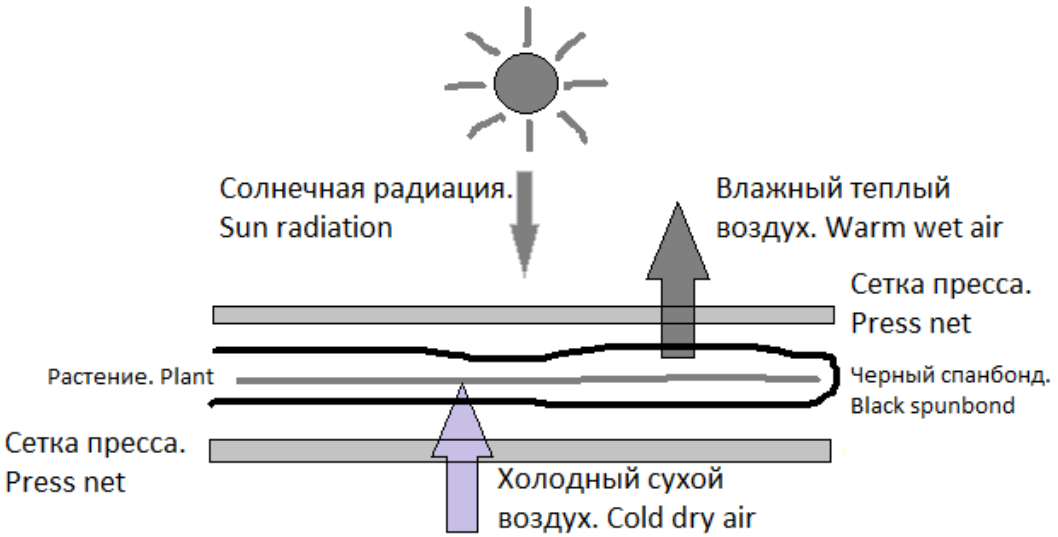
INTRODUCTION. There have been published numerous handouts about herbarium making. The main information on this topic in the Russian language is in the books by A.K. Skvortsov “Herbarium. A handout about the ways and approaches to making” (1977) and in a manual by Kew “The herbarium handbook” (1995). These editions give detailed descriptions of herbarium making, methods and techniques. There is also a big number of specialized articles on this topic (ex.: Pavlov, Barsukova (1976), Shcherbakov, Majorov (2006)).

This manual gives information additional to the existing editions about drying and keeping herbarium between the spunbond sheets, the approach not mentioned in Kew’s “The herbarium handbook”. This approach is known in Russia since 2007 (Slavgorodski 2013). The invention was patentized: Patent № 71212, Russian Federation, priority number 2007137443 from 09.10.2007.

"Spunbond" nonwoven polymeric fabric allows to introduce technologies to exclude paper and other moisture absorptive materials from the process of herbarium making (Slavgorodski 2010, 2013).

The idea of the new way of drying plants for the herbarium consists of creating thin air linen around the plant in the herbarium press with the use of spunbond. Thanks to the free air access, plants dry very quickly and stay flat at the same time (see picture).

The plants are dried in the herbarium press with the use of black spunbond, with the density from 60 gram per square meter till 150 gram per square meter, instead of usual newspapers. As a result, there is no need for moister absorbing pads, no need for changing them!



Picture. Drying plants in the herbarium press

The plant is put in the spunbond under the herbarium press once, tied up by fastex bands and is put under the bright sun where is left until absolutely dry. If it is not sunny, it can be left in the shadow. You can leave it and forget about it. There can be up to 50 plants under one herbarium press. Black spunbond is getting heated in the sun, thus accelerating the drying process. When the weather conditions are especially extreme, there can be used a thermo plate (for example, see http://samogrev.ru or more expensive electrical or chemical plates). Such thermoplates have no effect when used in the press with ordinary

paper, because the moisture is not evaporated but is left inside. Thermoplates can only be used with spunbond covers.

Water plants always take less time to dry. Tender parts of the plants do not get stuck to spunbond. When the drying process is over, all plants remain the colour they used to be before. Universal Herbarium Press (UHP) was tried out in the years 2009-2011 in Central Russia, In the Northern Ural, Northern Africa and France. In all these parts of the world scientists were absolutely satisfied with the results.

Spunbond can also be used to keep the herbarium. It lasts longer and is cheaper than paper. It doesn't break into small pieces, doen't absorb moister from the outside, doesn't deteriorate because of the sun, can not be damaged by insects. Black spunbond with the density 60-100 g/square meter can be used as covers for different types of insects. Spunbond with the density over 150 g per square meter can be used for individual plants. A plant can be attached with the use of synthetic strings, stapes, adhesive tape or can be left without attaching. It is also possible to use glue which is not going to decay with time.

The use of spunbond when making herbarium (Slavgorodski 2010) allows to avoid using wood (shelves and cupboards) and paper in the rooms where herbariums are kept, because they are kept on metal shelves. This will help to avoid a big number of pests, which is especially a big problem for tropical herbariums.

SPUNBOND. Nonwoven polymeric materials have been becoming more and more popular in industry and agriculture since the beginning of the XXI century. Spunbond is a technological way of making nonwoven polymeric material as well as the material produced in this way. The essence of this technology is in the following: polymer melt which looks as thin endless threads is put in the air current and then on a moving transporter, making fabric. The threads on this fabric are later connected together. There are a few ways of attaching threads together. For the herbarium use the best way is thermo attaching.

Until the beginning of the 1990s it was impossible to use polymeric materials for herbarium making because the threads were too thick and the fabric was rough

and uneven. *Reifenhäuser Group* introduced a revolutionary *Reicofil* technology, allowing a range of new technological solutions for the production of polymeric materials. As a result, modern technologies allow to produce threads 50 times thinner than a hair and very even all over. Thermo attached spunbond is usually light (up to 150 g per square meter), meant to use in different spheres of industry. It is 100% polypropylene. Thermo attached spunbond with the density 80-150 grams per square meter is successfully used as geotextile. On the whole the density of spunbond varies from 15 till 600 grams per square meter.

The fabric is very cheap. In Russia such fabrics as “geotex”, “agrotex”, “agril”, “spunbond”, etc are much cheaper than paper or textile fabrics. Polymeric threads spunbond is made of, are water resistant and don’t get wet. Material of any density easily pass air and water vapour. Black spunbond produced for agriculture, contains light stabilizing additives which are not destroyed by sun.

Spunbond can accumulate static electricity in the process of usage. When spunbond is used to keep dry plants, dry parts of the plant can be ‘glued’ to the fabric by this static electicity. Should you open this spunbond too quickly, the parts of the plant which are not attached properly can be damaged. This can be easily avoided if you use antistatic spray before use spunbond. It is important to avoid spray from the plants. It is a good idea to use antistatic on files where plants are kept as well as the surfaces on which they are kept

BELTS, FASTENERS. Herbarium press with spunbond is traditionally strapped by synthetic belts with plastic fasteners – fastex.

Belts have to be narrow (not more than 25 or 30 mm wide) no to prevent the drying process. They have to be 100 sm long. Fasteners have to be plastic. They don’t get erupted and are durable enough. When the press is fastened, it is done easily, unlike with the press in which paper is used. Spunbond is softer and thus is easier to crumpled. Two belts are used to tie up a spunbond.

LABELS AND STICKERS. When drying plants with spunbond, even a small piece of paper (a label) can damage the process of drying. It is especially so in wet or cloudy weather. Plants don’t dry well in the place where the sticker is, they can

go rotten. To avoid this, use small plastic stickers instead. Only write a number on the sticker, all the data write in the working diary.

Sticker should be used so that it stuck well and didn't get lost during the drying process. It is possible to use paper stickers sometimes in dry weather conditions. It is also possible to use paper notes sometimes when keeping herbarium plants. It is possible that in future there will be a better way of keeping data about plants.

SPUNBOND JACKETS (COVERS). Spunbond jackets (covers) are used to put plants into the press for the drying process and to put unattched samples.

They are made with black spunbond with light stabilizing additives, spunbond density 60-150 gr per square meter.

Spunbond with the density 60-80 gr per square meter should be used for soft and tender plants, rough plants require more dense fabric. Very rough plants, tree branches, big fruits should be kept in the spunbond with the density 150 gr per square meter. Spunbond with the density 60-80 gr per square meter is required to keep samples of plants.

INSTALLATION PAGES. Installation pages serve as basis to attach samples, stickers, packets. They are made with black spunbond with light stabilizing additives with the density 150 gr per square meter.

Small pieces of black spunbond with low density (60 gr per square meter) with light stabilizing additives are used as pads, security stripes and 'windows' for tender parts of samples.

UNIVERSAL HERBARIUM PRESS (UHP) is used for drying samples between the spunbond sheets. It is much lighter than press with paper. UHP weight only 1 kilo, "mushroom" UHP weight 500 grams.

The press allows to dry plants in any weather conditions (both outside and in a laboratory) without losing in colour and quality.

UHP of an ordinary size 31 × 43 см (9 × 13 slots) is used to dry plants with seeds, pteridophytes (ferns and fern family) and macroweeds. Slots can differ in size

because of possible inaccuracies when making the net. A smaller size UHP canbe used for drying moss family, lichen and mushrooms: 15 × 23 sm (mushroom UHP, paper size A4 – ISO 216). Using UHP when working in the field. Traditional approach.

Sheets of black spunbond, thermically attached to each other, with light stabilizing additives with the density 60, 80, 100, 120, 150 grams per square meter are used for the drying process.

The general principle is: the harder the plant is the higher density spunbond is used.

Volumetric land plants can not be put in one UHP with soft water plants, because the later will be inevitably damaged in this case.

UHP CONSTRUCTION: Two galvanized metal nets size 310 × 430 mm, diameter of the wire is 2,5 mm., slot size is 48 × 24 mm. It is possible to make a net with two movable frames on each nets, size 48 × 24 mm., diameter of the wire is 2,5 mm. Two synthetic belts length 100 sm, 2.5 sm wide, bright colour (yellow, red) – to make it easier find in the grass with fastex fasteners. A set of 20-30 spunbond sheets size 420 × 594 mm (A2, ISO 216), made with black spunbond with light stabilizing additives 60-150 grams per square meter. Density 100 grams per square meter is suitable for the majority of plants. Shoulder strap 100 sm long, 2.5 sm wide, with two metal clevises to attach to the metal net.

WHEN USING UHP IT IS IMPORTANT TO REMEMBER THE FOLLOWING:

1. It is used for drying plants both in laboratory and in the field.
2. There are two sides on all nonwoven polymeric fabrics like “Geotex 100”, “Geotex 120”, “Geotex 150”: inner side with bigger cells and outer side with smaller cells, the outer side is more smooth. Plants have to be put on outer side.
3. One sheet of Geotex 150 (more dense) is put under the net of the press so that the metal net did leave its print on the plants.
4. When making herbarium, it is only appropriate to put labels inside in dry sunny weather. In all other cases, a plastic sticker with a number on (1x4 sm) is put inside, all notes and labels are put down in the diary.

5. When samples are inside, UHP is tightened with the belts. The net is bent by this and the press is the thickest in the centre.
6. The belts should not be too tight, because spunbond is softer than paper and can easily be rumpled.
7. For better more even pressure, it is recommended to put 4 wooden or plastic bars, size 2×3×4 sm under the belts from both sides.
8. Welded galvanized net can be bent in the process of use and as a results there can be places with no enough pressure. If this happens, the net can be unbent in the opposite direction.
9. It is better to attach the shoulder strap to the second slot of one of the nets with a clevis. It can be attached to the longer side of the net (more convenient when carrying it) or to the shorter side (more convenient when putting samples inside).

PECULIARITIES OF COLLECTING AND PLACING SAMPLES INSIDE. There are certain peculiarities in the process of collecting plant samples using UHP connected with the fact that UHP is light, can be taken to the fiels and thus the plants can be put inside when fresh, immediately after collecting. Pteridophytes (ferns and fern family) are dried in the same way as plants with seeds. Plants are dried inside the UHP and are put to the laboratory inside as well.

Collected plants are placed on one of the sides of an open spunbond sheet, straightened, when necessary are attached to the sheet by stripes of adhesive tape. A number is written on a plastic sticker, the sticker is put on the inner side of the sheet. The sheet is shut. The label is put down in a notebook with the corresponding number on the sticker. After that a few sheets prepared in this way are put inside the press. It is important to put a few empty sheets between the sample and the net of the press (or one sheet with the spunbond density 150 grams per square meter), to avoid net print on samples. The belts have to be tightened not too tight (not as tight as a press with paper), because nonwoven polymeric fabric is much softer than paper and can easily be crumpled. After that the press is ready for the drying process.

Plants can be dried in open air or inside. They can be dried in the sun. Plants are dried quickly and well in any of these conditions.

It is better to attach some parts of the plants by the stripes of adhesive tape. This will not influence the drying process but will help to keep the shape of a sample. Plants have to be attached to adhesive tape carefully so that they were not damaged later when unattaching the tape. To avoid this, use pieces of spunbond in the middle of the adhesive tape, the parts on the plants, only sticking the tape on the sides. As a rule, tender plant parts can be placed on spunbond sheets easily, there is no need to attach them by tape. Hard parts of the plant, on the contrary, can be better off whn attached at the places where they are bent, some leaves or fruits. There are two possible approaches to fixing the plant parts. 1. Use adhesive tape to attach plants to the sheets. 2. Making a 'ring' with adhesive tape and putting it on bent plant parts to avaoid their straightening. Any kind of adhesive tape can be used. It is betther though to use the one used in stationary. It is necessary to fix plant parts only during the drying process, fixation has to be removed later.

PECULIARITIES OF COLLECTING AND DRYING SAMPLES IN DIFFERENT CONDITIONS. *Using nets.* When working spunbond, there are used welded galvanized nets. It is not recommended to use usual wooden nets, because they are heavier and absorb moisture, which deteriorates drying conditions. Wooden nets can be used when drying inside. Such wooden nets give more even pressure over the sheets. When using metal galvanized nets, it is important to use a few empty sheets (2-4 with the density 100 grams per square meter or 1 sheet density 150 grams per square meter) to avoid net prints on samples.

Metal net can be bent when in use. In order to maintain even pressure on the sheets, it is important to straighten the net before tightening belts.

When used in direct sun light it is important to place plants inside the press immediately after collecting them because they can quickly become dry and lose their shape.

When the weather suddenly changes and becomes rainy after collecting samples in hot sunny weather, the press should be placed under cover (in a tent, under roof, etc) if rainy weather is going to be for not more than three days. In this case, there is no need for covering the press itself. The press should always have free air access. When the rain is over, the press should be back in open air (in

wind or sun) and dried out for about an hour. When the rain is short, dried plants have to be protected from direct rain drops, should be put under an umbrella, a raincoat, in a tent. If the plants are wet by the rain, there is no need to worry. Wet UHP should be put in the sun or in the wind. Id the piles are too big, they should be devided into piles not more than 10 sheets in a pile and left in the sun or in the wind. They will dry our soon and samples will not be damaged.

Foggy weather. Sometimes plants are collected in the mountains or near a river, a lake. In this case a sample is wet and there is moisture on the metal nets and the sheets. Plants should be collected ignoring these weather conditions. UHP should not be covered or hidden from the moisture. It should be left open, some place where there is even very little wind. If such weather conditions are expected to last for a few days, there should be not more than 10 samples in one UHP. If there are more than 10 samples, place a thermo plate in the middle of the UHP (see picture 27) with 2-3 empty sheets on both sides of it. One thermo plate usually works for about 6-8 hours. When this time is over and the weather is still foggy, a new thermo plate should be placed inside.

In the rain. Plants can be collected even in the rain when UHP is used. There is no need to cover UHP from the rain, even if the plants are all wet, rain drops are on the nets and spunbond sheets. In this case it is only important to have not more than 10 sheets in one UHP. During the rain extra water should be poured off the UHP. Lean the UHP to do that. If UHP is covered by mud, it should be cleaned by clean water first, then water should be poured off. At the end of the working day UHP should be dried in the wind or under a tent. Thermo plates can be used to do so. If this can not be done, this can wait till the following day.

Collecting and placing samples in UHP under water. Many water plants lose their shape when taken from the water, they leaves stick together when on air. Such plants should be placed inside UHP under water. To do that, a spunbond sheet should be attached to the metal UHP net with clothespegs. After that, place this construction under water, straighten the plant on the sheet, then carefully take it all on air, softly holding your hand on the plant. Pour off water. Close the sheet, take clothespegs off, write the number on the plastic sticker and place the sticker under the sheet. Place the sheet in a dry UHP and you can go to collect the next

plant. UHP can be used deep under water when you dive with aqualungs. Though, it is usually better to put plants in a bag and later put in an UHP in the way described earlier.

COLOUR. Drying plants in a UHP allows to preserve the colour of the samples. All coloured parts remain coloured, all green parts remain green. To preserve the colour later on, it is important to avoid direct sun light. This can be done when spunbond with light stabilizing additives is used. Such samples can be dried in direct sun light inside spunbond sheets. When keeping these samples, the same spunbond can be used. There is no need for any extra effort to preserve the colour of the samples.

DRYING ALGAE. UHP allows to dry successfully any kind of microscopic algae. They do not get stuck to spunbond and get dry in direct sunlight in a few hours. The plants should be put inside UHP as soon as they are out of water, before the water pours off them. They should not be pressed too tight because they can be crumpled. It is not recommended to use one UHP for both algae and land plants. Preferably, there should be a separate UHP for water plants. Water plants can be put inside a UHP under water (see 3.4.). So that there were no net prints on samples, there should be used 2-3 empty spunbond sheets between the net and the samples.

Seaweeds can be dried as successfully as any other water plants. Big hard weeds should be treated the way big land plants are. It is possible to put them inside a UHP under water. It is possible to collect and dry seaweeds, folding them in tube shape and later transporting to a laboratory. They should later be put in water again and then placed inside a UHP in a usual way. After that they dry well.

DRYING MUSHROOMS, INCLUDING LICHENS. Mushrooms should be put in a well-aired container with a hard shape (a basket, a box) when being collected. A sheet of black spunbond with the density 60-100 grams per square meter should be put inside a container. Spunbond allows air in and helps to avoid moisture. It is recommended to put pieces of spunbond between each mushroom or put each mushroom in a separate packet made with spunbond. Mushrooms do not stick to spunbond, thus a sample will not be destroyed. At the same time, a

mushroom will dry well in such a packet in 2-4 hours and can successfully be carried to laboratory.

A mushroom UHP size 15 × 23 sm is suitable for drying mushrooms and all kinds of lichens making them flat (see chapter 2, pictures 16-17). There should be not morethan 5-7 samples in one UHP. This is the way to treat all vascular plants as well (see chapter 2).

REFERENCE. This herbarium press model, deposited under priority № 2007137443 on 09.10.2007 (Patent № 71212 of Russian Federation), proves extremely useful for drying of any sorts of plants especially water plants such Carophytes. The original action process of the model consists of soft, progressive evaporation of water through special materials, named Agrotex, which, to my knowledge, were not used for this purpose before. This new material provides excellent drying as it perfectly prevents from moisture. By its little weight and comfortable size, this sampler is easy to carry and proves perfect for botanical field collection.

Thus I am pleased to attest that the patent is worth being produced in larger numbers and should be proposed for sale at international level.

Montpellier, 05.10.2011. Dr. habil. Soulié-Märsche Ingeborg, senior researcher at Centre National de la Recherche Scientifique in France.

References:

1. Гербарное дело: Справочное руководство. Русское издание / Под ред. Д. Бридсон, Л. Формана. Кью: Королевский ботанический сад, 1995. 341 с. + xvi.
2. Павлов В.Н., Барсукова А.В. Гербарий. Руководство по сбору, обработке и хранению коллекций растений. М.: Изд. – во МГУ, 1976. 32 с.
3. Рынок спанбонда в России в 2006 – 2010 гг. Отчёт. М.: Академия Конъюнктуры Промышленных рынков. 2006. 101 с.
4. Скворцов А.К. Гербарий. Пособие по методике и технике. М., 1977. 199 с.
5. Славгородский А.В. Использование нетканых полимерных материалов в гербарном деле // Мат. I (VII) Международной конф. по водным макрофитам «Гидроботаника 2010» (пос. Борок, 9 – 13 октября 2010 г.). Ярославль: «Принт Хаус», 2010. С. 279 – 280.

6. Славгородский А.В. Гербарий без бумаги (технология сушки и хранения гербарных образцов с использованием нетканых полимерных материалов) // Бот. журн. 2013. Т. 98, № 3. С. 106 – 110.
7. Щербаков А.В., Майоров С.Р. Инвентаризация флоры и основы гербарного дела: Методические рекомендации. М.: КМК Scientific Press, 2006. 50 с.

SECTION 4.

TECHNICAL SCIENCE

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ В СРЕДЕ VISUAL STUDIO.NET

ДЕМИДЧИК Н.Н.

КАЗАХСТАН, КАЗАХСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ, ФИНАНСОВ И МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ

Аннотация. В данной статье содержится описание шаблона проектирования веб-приложения ASP.net MVC, а также приведена методика создания приложений в среде Visual Studio.net.

Ключевые слова: шаблоны проектирования, паттерн, MVC ASP.net, модель, представление, контроллер, Visual Basic .NET, Visual C# .NET.

Abstract. In this article there is description of web application using ASP.NET MVC design pattern and are given the method of creation a new application with Visual Studio.net

Keywords: design patterns, pattern, MVC ASP.net, model, view, controller, Visual Basic.NET, Visual C#.NET.

Наиболее важная особенность современных программных приложений – ориентация на создание баз данных и их использование в Интернете. Наилучшим воплощением этого принципа является среда Visual Studio.net.

Возможность в среде Visual Studio.net создавать мощные корпоративные программные приложения обеспечивается благодаря технологиям, которые в ней реализованы. Это - шаблоны проектирования как простых, так и комплексных распределенных приложений. В частности, шаблон MVC и платформа ASP.NET MVC. Эти шаблоны доступны как проекты на языках Visual Basic.NET и Visual C# .NET.

Шаблоны проектирования (паттерны) - это проверенные и готовые к использованию решения часто возникающих в повседневном программировании задач.

Впервые шаблоны были описаны в 1994 году в книге Э. Гамма «Design Patterns» об инженерии программного обеспечения, описывающая решения некоторых частых проблем в проектировании программ. В своей книге Эрих Гамма описал приемы программирования, проанализировал их и попытался унифицировать подходы написания программ. В результате, он предложил 23 подхода, которые он назвал шаблонами проектированиия. Все шаблоны (паттерны) он разделил на 3 группы: порождающие, структурные, и поведенческие.

Порождающие показывают, как правильно породить объект. Например, как привлечь зрителей? Насильно привести? Нет. Необходимо подать рекламу и раздать приглашения, продать билеты, т.е. порождение должно быть правильным.

Структурирование – принудительно рассадить зрителей? Нет, разрешается сидеть произвольно или согласно билетам. Таким образом, необходимо правильно организовать процесс: правильно породить объекты, правильно их структурировать и правильно наладить между ними взаимодействие.

Шаблоны проектирования – это уже исторически третий стиль программирования.

Первым является процедурный стиль программирования (1940 – 1970 гг.). Он возник тогда, когда программисты заметили, что часть кода программы повторяется. Тогда ту часть программы, которая повторяется стали называть функцией, а места программы, где ее нужно использовать – вызовы функции. Так появилось процедурное программирование.

Когда объемы обработки информации увеличились, и соответственно увеличились информационные системы, на смену функции ввели новую абстракцию - объект. На основе одного объекта можно порождать множество экземпляров (instance) объекта. Например, объект автомобиль имеет следующие переменные-аттрибуты: модель, количество дверей, цвет, время пробега и т.д. На основе одного объекта можно порождать множество экземляров машин, различных по модели, цвету и т.д. Экземпляров много, а переменные описываются только один раз. Введение

понятия объект позволило значительно сократить программный код. Такое программирование стали называть объектно-ориентированным (с 70- х г.).

Открытие шаблонов проектирование (1994 г.) явилось третьим стилем программирования. Это большое изобретение в информатике, т.к. это новый уровень абстракции. «Абстракция отображает природу глубже, вернее и полнее. От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике – таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности» - писал выдающийся немецкий философ Гегель. И действительно, открытие шаблонов (паттернов) позволило создавать большие и сложные по архитектуре программные приложения. Кроме того, использование шаблонов предоставляет возможность разрабатывать программы большими коллективами, а также проектировать и анализировать части систем. С использованием шаблонов также увеличивается скорость написания программ, т.к. можно весь программный код не писать, а использовать готовый шаблон, внося в него небольшие изменения в соответствии с конкретной задачей.

Одним из наиболее популярных шаблонов проектирования веб-сайтов, который реализован в Visual Studio.net является шаблон MVC (Model-view-controller «модель-представление-контроллер»).

Паттерн MVC используется с 1970 года для разработки веб-приложений. Он включает три участника. Первый участник (или абстракция) – это модель (Model). Модель содержит данные, которые необходимы для нашего приложения. Это может быть информация, которая находится в базе данных. Модель независима от других участников, а именно, представления и контроллера и ее можно переносить на любое приложение.

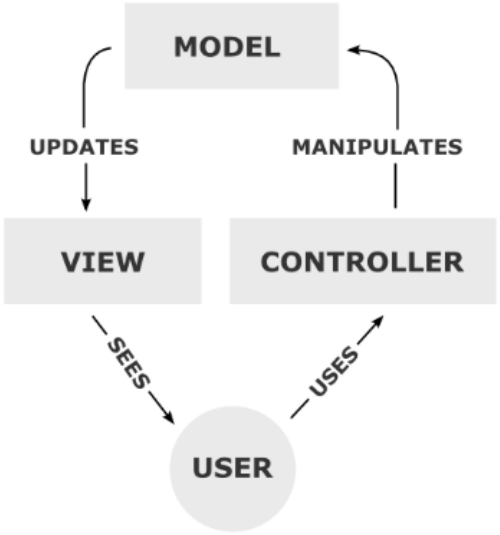


Рис. 1. Шаблон проектирования MVC (Model-view-controller)

Второй участник (абстракция) – Представление (View) – это файл с расширением HTML. Это HTML-разметка, в которой используется C# код. Задача приложения – визуализировать задачу, которое имеет приложение.

Третий участник (абстракция) – контроллер (*Controller*), который обеспечивает связь БД с файлами.

Принцип функционирования модели MVC: пользователь (*User*) посылает в систему запрос, контроллер (*Controller*) в соответствии с запросом обрабатывает (*manipulates*) данные базы данных модели (*Model*), которые потом отображаются (*update*) в форме на экране с помощью представления (*View*).

Так, в веб-приложении «Интернет-магазин» – все данные о товаре (характеристики, фото, цена) – составляют модель (*Model*); формы и веб-страницы, в которых отображается информация – это представление (*View*); а совокупность всех запросов на обработку данных (выбор, поиск, сортировку, удаление/добавление, обновление) – это контроллер (*Controller*). Таким образом, при проектировании приложения интернет-магазина, аналитик вначале определяет назначение файла. Например, если файл содержит операции обработки данных – то его относят к контроллеру.

Платформа ASP.NET MVC (Active Server Pages) – серверная технология, которая позволяет создавать web-сайты. Она является составной частью среды Visual Studio.NET и позволяет создавать файлы контроллера с расширением *.aspx.cs, файлы представления с расширением *.aspx и модели с расширением *.cs

Рассмотрим создание простых приложений БД с использованием VB.net, а также веб-приложения ASP.NET MVC с использованием C#.

Задание 1. Разработать форму в среде VB.net для просмотра данных из таблицы «Художники» MS Access.

Ключ к заданию:

1. Создаем в среде MS Access таблицу «Художники» с полями с полями ID, Avtor, Title, Type, Year, Image.

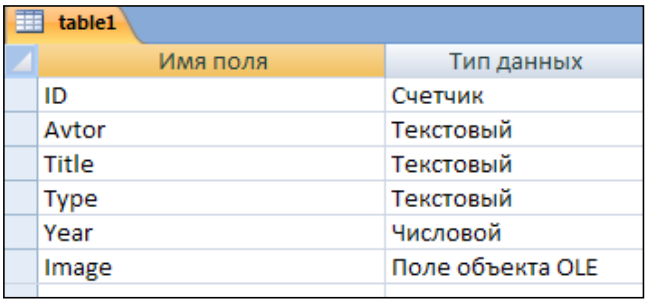


table1

Имя поля	Тип данных
ID	Счетчик
Avtor	Текстовый
Title	Текстовый
Type	Текстовый
Year	Числовой
Image	Поле объекта OLE

Рис. 2. MS Access. Таблица в режиме конструктора

2. Вводим несколько записей в таблицу.

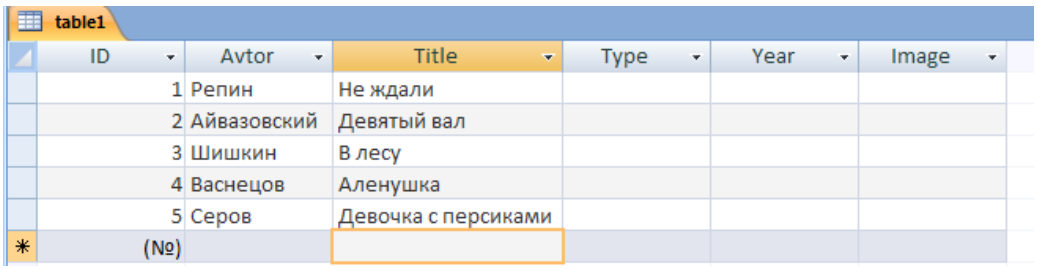


table1

ID	Avtor	Title	Type	Year	Image
1	Репин	Не ждали			
2	Айвазовский	Девятый вал			
3	Шишкин	В лесу			
4	Васнецов	Аленушка			
5	Серов	Девочка с персиками			
(№)					

Рис. 3. MS Access. Таблица в режиме таблицы

3. На форме VB.net расположим компонент для вывода данных из таблицы - **DataGridView1** и перехода по записям - **BindingNavigator.**
4. Выполним настройку компонента DataGridView1 для вывода данных из таблицы table1 MS Access «Художники».

5. Настройка: Выделим компонент **BindingNavigator1**
6. В панели **Свойства** для **BindingSourse** выберем из выпадающего списка **Table1BindingSource**
7. Выполним программу и проверим действие кнопок навигатора (вперед/назад и т.д.).

Задание 1.2. Добавить кнопку Сохранить на компоненте BindingNavigator

1. На созданной ранее форме VB.net щелкнем правой кнопкой мыши по компоненту **BindingNavigator**
2. Выберем строку **Вставить стандартные элементы**
3. Появятся новые инструменты.
4. Из новых инструментов все удалим, кроме инструмента Сохранить.
5. Дважды щелкнем по кнопке Сохранить и введем код:

```
    Private Sub СохранитьToolStripButton_Click(sender As
System.Object, e As System.EventArgs) Handles
СохранитьToolStripButton.Click
        On Error GoTo SaveErr
        Table1BindingSource.EndEdit()
        Table1TableAdapter.Update(Db1DataSet.table1)  'code of
the button SAVE
        MessageBox.Show("OK BOSS")
SaveErr:
    End Sub
```

6. Запустим программу и добавим несколько записей.

Задание 1.3. Добавьте картинки на форму.

Ключ к заданию:

1. В окне **Источники данных** зададим для поля Image свойство **PictureBox**
2. Левой клавишей мышки перетащим поле **Image** на форму. На форму добавим компоненты **Button1, TextBox OpenFileDialog1**
3. Дважды щелкнем по кнопке Button1 и введем код.
4. Дважды щелкнем на кнопке Button1 и введем код

```
    Private Sub Button1_Click(sender As System.Object, e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
        If OpenFileDialog1.ShowDialog = MsgBoxResult.Ok Then
            TextBox1.Text = OpenFileDialog1.FileName
            ImagePictureBox.Image                          =
Image.FromFile(TextBox1.Text)
        Else
            ImagePictureBox.Image = Nothing
        End If
    End Sub
```

5. Выполняем программу. В режиме выполнения вставляем рисунки в поле Image для каждой записи
6. Сохраняем проект

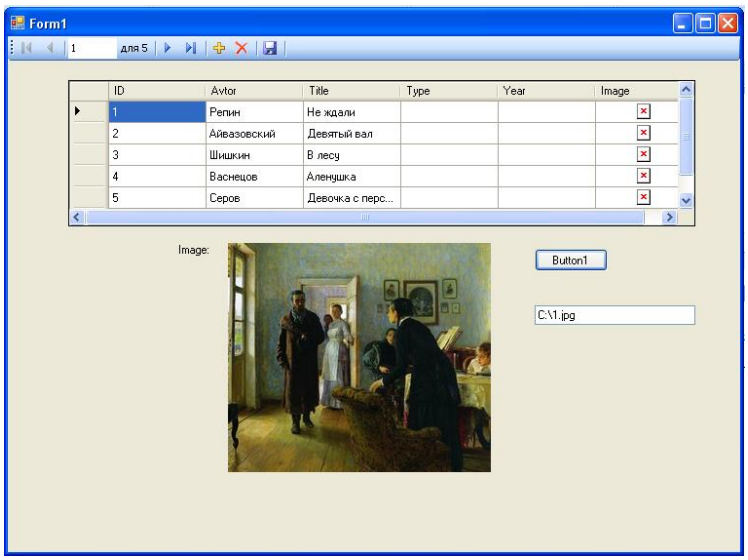


Рис. 4. Форма VB.net

Задание 2. ASP.net. Создать простое веб-приложение в Visual Studio.net **2010**

Ключ к заданию:

1. Запускаем visual Studio 2013
2. Visual C# - Web – Visual Studio 2012 – ASP.NET Empty Web Application – Name: **WebApplication3** - Ok
3. Щелкаем правой кнопкой мыши по слову WebApplication3 – Add – New Item…

4. В открывшемся окне выберем Visual C# - Web – Web Forms - - Web Form - Add
5. Появляется диалоговое окно
6. Нажимаем Split
7. Нажимаем кнопку ToolBox
8. Размещаем компонент Label в строке
9. Щелкаем правой кнопкой мыши по компоненту Label и выбираем строку Properties
10. В поле Text вводим Hello This is My First WebSites
11. Запускаем программу и получаем результат в браузере

Рис. 5.

Задание 2.1. Создать web-приложение с использованием **ASP.net C# gridview** для правки и удаления записей в БД

Ключ к заданию:

1. Файл-Создать веб узел…
2. Выделяем строку Visual C#
3. Веб-узел ASP.net и Ок
4. В Обозревателе решений выделяем строку Default.aspx
5. В окне Default.aspx нажимаем кнопку Разделить
6. Выбираем команду Вид-Панель элементов
7. В панели элементов в разделе Данные перетаскиваем компонент GridView на документ Default.aspx
8. Щелкаем правой кнопкой мыши по GridView и выбираем Свойства...
9. В окне Свойства устанавливаем AutoGenerateEditButton - True и AutoGenerateDeleteButton -True
10. В Обозревателе решений щелкаем правой кнопкой мыши по строке WebSite1
11. Из контексного меню выбираем Добавить новый элемент...
12. Добавить новый элемент…

13. В диалоговом окне Добавить новый элемент выбираем Базу данных SQL Server - Добавить
14. Нажимаем Да
15. В диалоговом окне Обозреватель серверов щелкаем правой кнопкой мыши и выбираем Добавить новую таблицу
16. Появляется изображение конструктора таблиц
17. Задаем названия и типы полей (см. рис. 6)

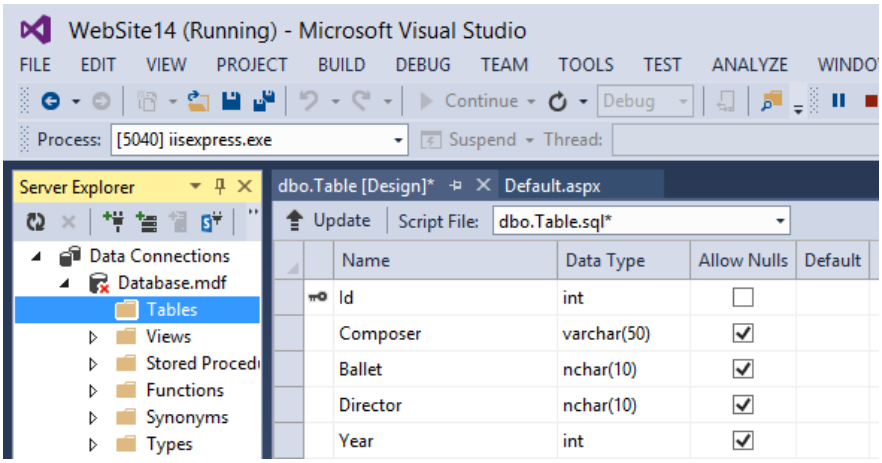


Рис. 6. Модель данных

18. Нажимаем кнопку Сохранить
19. На запрос об имени нажимаем Ok
20. В Обозревателе серверов откроем список Таблицы
21. В списке Таблицы появится Table1
22. Щелкнем правой клавишей по Table1
23. Выберем Показать таблицу данных
24. Введем произвольные данные в первую строку
25. Закроем окно Table1: Запрос
26. Открываем вкладку Default.aspx
27. Нажмем кнопку Разделить
28. Откроем список задач щелкнув левой клавишей мыши по изображению стрелочки в правом верхнем углу
29. В поле Выбрать источник данных из выпадающего списка выберем Новый источник данных...
30. Появится д/о Мастер конфигурации источника данных
31. Выберем База данных SQL и Ok

32. Выберем из выпадающего списка Database.mdf и Далее
33. Вновь нажмем Далее и Готово
34. Открываем Обозреватель решений
35. Дважды щелкаем по строке Default.aspx
36. Добаляем в код строку:

```
UpdateCommand="UPDATE [Table1] Set [name]=@name, [city]=@city Where [id]=@id" DeleteCommand="DELETE from [Table1] Where [id]=@id
```

37. Полный код файла представления *Defaul.aspx*:

```
<%@ Page Title="Домашняя страница" Language="C#"
MasterPageFile="~/Site.master" AutoEventWireup="true"
    CodeFile="Default.aspx.cs" Inherits="_Default" %>
<asp:Content ID="HeaderContent" runat="server"
ContentPlaceHolderID="HeadContent">
</asp:Content>
<asp:Content ID="BodyContent" runat="server"
ContentPlaceHolderID="MainContent">
    <h2> Добро пожаловать в ASP.NET!
        <asp:GridView ID="GridView1" runat="server"
AutoGenerateColumns="False"
            AutoGenerateDeleteButton="True"
AutoGenerateEditButton="True"
            DataSourceID="SqlDataSource1">
            <Columns>
                <asp:BoundField DataField="id" HeaderText="id"
SortExpression="id" />
                <asp:BoundField DataField="name"
HeaderText="name" SortExpression="name" />
                <asp:BoundField DataField="city"
HeaderText="city" SortExpression="city" />
            </Columns> </asp:GridView>
        <asp:SqlDataSource ID="SqlDataSource1" runat="server"
ConnectionString="<%$ ConnectionStrings:ConnectionString %>"
            SelectCommand="SELECT * FROM [Table1]"
UpdateCommand="UPDATE [Table1] Set [name]=@name, [city]=@city
Where [id]=@id" DeleteCommand="DELETE from [Table1] Where
[id]=@id"></asp:SqlDataSource>
    </h2> <p>
        Для получения дополнительных сведений об ASP.NET
посетите веб-сайт <a href="http://www.asp.net" title="Веб-сайт
ASP.NET">www.asp.net</a>.
```

```
    </p>          <p>          Кроме          того,          <a
href="http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkID=152368"
            title="Документация          по          ASP.NET          на
MSDN">документация по ASP.NET доступна на MSDN</a>.
    </p> </asp:Content>
```

38. Запускаем F5
39. Результат в браузере
40. Нажимаем кнопку Остановить отладку Shift+F5 (Отладка — Остановить отладку)

Мое приложение ASP.NET

	ID	Композитор	Балет	Балетмейстер	Год
Правка Удалить	1	Минкус	Дон Кихот	Петипа	1869
Правка Удалить	2	Адан	Жизель	Петипа	1884
Правка Удалить	3	Чайковский	Лебединое озеро	Петипа	1980
Правка Удалить	4	Прокофьев	Ромео и Джульетта	Лавровский	1940

Рис. 7. Представление Default.aspx

Описанные методики использовались студентами специальности ВТиПО и «Информационные системы» для создания приложений в среде Visual Studio 2013.net.

Таким образом, знакомство со средой Visual Studio 2013.net позволило рассмотреть этапы создания веб-приложения с использованием шаблона MVC ASP.net – модели, представления и контроллера.

Список литературы:

1. Эрик Фримен, Элизабет Фримен, Кэтти Сьерра, Берт Бейтс. Паттерны проектирования. Head First Design Patterns. Пер. Е. Матвеев. - СПб: Питер, 2011 г.
2. Зибиров В.В. - Visual Basic 2010 на примерах. - СПб: БХВ-Петербург, 2010. – 338 с.
3. А. Фримен, С. Сандерсон. ASP.NET MVC 4 Framework с примерами на C# для профессионалов, 4-е издание – М.: Вильямс, 2014 г. – 688 с.

Изменение коэффициента пористости неводонасыщенных (лессовых) глинистых грунтов во времени при одномерном уплотнении

Калачук Т.Г.

Россия, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Аннотация. Строительство сооружений различного назначения на лёссовом основании невозможно без всестороннего изучения геологических условий. Даже если прочность грунта обеспечена, возникают деформации основания. Как правило, они имеют неравномерный характер и, что особенно важно, весьма длительный. В этом случае расчетом должен быть получен прогноз развития осадок фундамента во времени и проведен анализ неравномерности деформаций сооружения. В статье изложены результаты попытки связать формулы по прогнозу осадки сооружений, возводимых в рассматриваемых условиях, непосредственно с теми или иными физическими показателями грунтов в их естественном ненарушенном состоянии.

Ключевые слова: глинистый (лёссовый) грунт, осадка, деформация, коэффициент пористости, коэффициент вязкости, консистенция.

Abstract. Building the structures of various assignments on the loess soil is impossible without the comprehensive study of geological conditions. Even if the ground strength is sufficient, the base deformations can take place. These are usually nonuniform and, which is more significant, long-term processes. In this case, the forecast of foundation settlement development must be calculated and the building's deformation unhomogeneity must be analyzed. The article presents the results of an attempt to associate the settlement forecast formulas of a construction, built in the researched conditions, directly with the certain physical parameters of soils in their natural and undisturbed state.

Key words: clay (loess) soil, settlement, deformation, porosity factor, viscosity factor, consistency.

При действии внешних нагрузок уменьшается объем грунта, и соответственно изменения коэффициента пористости его во времени.

Осадка подобного рода сооружений во многих случаях бывала значительной, неравномерной и, что особенно важно весьма длительной. Целесообразно ещё при прогнозировании таких сооружений проектировать их осадку, причем обязательно во времени.

При малом водонасыщении рассматриваемых грунтов их уплотнение во времени происходит вне условий возможного влияния на процесс явления фильтрационной консолидации. Вместе с тем развитие процесса уплотнения таких грунтов под постоянной нагрузкой во времени и часто в весьма замедленном темпе, невольно заставляет рассматривать этот процесс в связи с реологическими свойствами, присущими вообще глинистым грунтам.

Представлялось также желательным связать формулы по прогнозу осадки сооружений, возводимых в рассматриваемых условиях, непосредственно с теми или иными физическим показателями грунтов в их естественно ненарушенном состоянии (с ненарушенной структурой).

Известна зависимость коэффициента пористости и давлением, характеризующая изменение коэффициента пористости при изменении давления которое выражается в виде:

$$\varepsilon(p) = \varepsilon_0 - \frac{y}{h}(1+\varepsilon_0), \qquad (1)$$

где ε_0 – начальное значении коэффициента пористости грунта;
y – величина деформации образца грунта;
h – высота образца.

Следует отметить, что в формуле (1) фактор времени не учитывается. Практика строительства показывает, что глинистые грунты, находятся в основании фундаментов зданий и сооружений изменяют свои физико-механические свойства во времени от постоянно действующих нагрузок.

Поэтому представляет большой интерес изучение вопросов изменения коэффициента пористости неводонасыщенных глинистых грунтов во времени при постоянной нагрузке.

Учитывая вышесказанное, выражение (1) можно представить в виде:

$$\varepsilon(P,t) = \varepsilon_0 - \frac{y(P,t)}{h}(1+\varepsilon_0), \qquad (2)$$

здесь $\frac{y(P,t)}{h} = e(P,t)$ – относительная деформация образца грунта на время *t*,относящаяся к нагрузке *P*.

Тогда получим:

$$\varepsilon(P,t)=\varepsilon_0 - e\,(P,t)\cdot(1+\varepsilon_0) \qquad (2')$$

Для разработки поставленного вопроса были проведены экспериментальные работы в глинистых грунтах в неводонасыщенном состоянии отображенных из характерных районов Тур.ССР. Физические показатели этих грунтов приведены в табл.1

Таблица 1 - Физические показатели грунтов

Наименование показателей	Опыт №1	Опыт №2
Гранулометрический состав (процентное содержание фракций, мм)		
0,50-0,25	4,5	3
0,25-0,10	10,5	7,5
0,10-0,05	15	19,5
0,05÷0,01	14,5	20,5
0,01-0,005	24,5	21,0
0,005÷0,001	14	18,0
<0,001	17,0	10,5
Естественная влажность, %	11,8	11,4
Гигроскопическая влажность, %	2,89	2,21
Максимальная молекулярная влажность	16,43	15,97
Степень влажности	0,374	0,314
Удельный вес, гс/см^3	2,71	2,72
Объемный вес, гс/см^3	1,72	1,57

Наименование показателей	Опыт №1	Опыт №2
Объемный вес скелета, гс/см^3	1,46	1,38
Пористость, %	46,1	49,6
Коэффициент пористости предела прочности	0,856	0,985
а) граница текучести, %	312	35,9
б) граница раскатывания, %	16,4	16,05
в) число пластичности, %	14,8	19,85

Для исследования закономерности деформации сжатия грунтов во времени применительно к условиям одномерной задачи уплотнения были использованы приборы типа «Гидропроекта». Подвергнутые испытанию образцы имели в начальном состоянии высоту 35 мм при площади сечением 40 см^2.

Для предохранения образцов грунта от потери влажности во время длительного испытания цилиндрический корпус приборов покрывался полиэтиленовой пленкой с обеспечением герметичности внутренней полости, где помещался образец грунта. Эти условия обеспечивали постоянство влажностного режима во время длительного опыта, отсчеты деформации образцов исследуемого образца грунта замерялись индикаторами с точностью до 0,01 мм и брались ежедневно в одно и то же время.

На основе экспериментальных данных построены графики $e(p_1 t) = f(t)$.

Для практических целей можно принять, что кривые изменения относительной деформации во времени под различными постоянными нагрузками взаимоподобны и все описываются единым законом. В этом случае изменение относительной деформации во времени неводонасыщенного глинистого грунта при любом напряжении можно представить в следующем виде:

$$e(P,t) = f(P)\cdot\varphi(t), \qquad (3)$$

здесь $f(P)$ – функции напряжения были приняты линейно, т.е. $f(P) = P;\cdot\varphi(t)$ – изменение относительной деформации образца грунта при единичной нагрузке («меры ползучести»).

Произведенная математическая аппроксимация показала, что изменение относительной деформации образцов исследованного грунта во времени выражается по обменному закону в виде [2]:

$$e(P,t) = P \cdot \alpha t^{\beta}, \quad (4)$$

где α – параметр, равный отрезку, отсекаемому кривой деформации ползучести грунта на оси ординат при t = 1 и P = 1;
β – угол наклона кривой lg e(P,t)-lgt к оси абсцисс; изменяющейся в пределах 0 < β < 1.

Если принять P = 1, то получим

$$e(P=1,t) = \alpha t^{\beta}. \quad (5)$$

Учитывая выражение (5) в формуле (2), получим зависимость между изменением коэффициента пористости и временем неводонасыщенного глинистого грунта в виде:

$$e(P=1,t) = \varepsilon_0 - \alpha t^{\beta}. \quad (6)$$

Следует отметить, что изменение относительной деформации неводонасыщенного глинистого грунта можно выразить изменением коэффициента вязкости грунта.

На основе проведенных экспериментальных и теоретических анализов нами было установлено, что изменения и относительные деформации во времени неводонасыщенного глинистого грунта при единой нагрузке описывается следующей зависимостью:

$$e = (P=1,t) = \frac{t}{\eta_{кон}} + \frac{1}{\mu\eta_{кон}} \ln \frac{\eta_{кон} - (\eta_{кон} - \eta_{нач}) \cdot e^{-\mu t}}{\eta_{нач}}, \quad (7)$$

где $\eta_{кон}$ – конечная величина коэффициента вязкости исследованного грунта;
$\eta_{нач}$ – начальная величина коэффициента вязкости грунта;
μ – параметр, характеризующий свойства испытываемых грунтов определяемый по выражению:

$$\mu = \frac{1}{t} \ln \frac{\eta_{кон} - \eta_{нач}}{\eta_{кон} - \eta(t)}. \quad (7')$$

Подставляя (7) в выражение (2′) получим изменение коэффициента пористости во времени неводонасыщенных глинистых грунтов через коэффициент вязкости в виде:

$$\varepsilon(P=1,t)=\varepsilon_0-(1+\varepsilon_0)\left[\frac{t}{\eta_{кон}}+\frac{1}{\mu\eta_{кон}}\ln\frac{\eta_{кон}-(\eta_{кон}-\eta_{нач})e^{-\mu t}}{\eta_{нач}}\right]. \quad (8)$$

Как видно из рис. 1, сопоставление экспериментальных (сплошная линия) и теоретических (пунктирная) кривых, полученных по выражению (8), дает хорошую сходимость.

Дифференцируя выражение (8) по *t*, получим скорость изменения коэффициента пористости образцов неводонасыщенных глинистых грунтов во времени:

$$\varepsilon(P=1,t)=\frac{d\varepsilon(P=1,t)}{dt}=-\frac{1+\varepsilon_0}{\eta_{кон}-(\eta_{кон}-\eta_{нач})e^{-\mu t}}. \quad (9)$$

Как видно из выражений (8) и (9), изменение коэффициента пористости неводонасыщенного глинистого грунта во времени зависит от коэффициента вязкости, изменяющегося во времени и являющегося прямой физико-механической характеристикой грунта. Величина коэффициента вязкости глинистого грунта в том или ином виде его состояния может быть определена непосредственными опытами в лаборатории (метод «шарика») или косвенным путем на основании данных опытов по изучению деформируемости испытуемого грунта во времени в лабораторных условиях. Входящее в выражение (8) значение начального коэффициента вязкости $\eta_{нач}$ определяется опытным путем, т.к. измеряется величина относительной деформации Δe_p – сжатие образца за начальный промежуток времени Δt . Затем, принимая изменение скорости относительной деформации образца за указанный период времени постоянным, определяем значение e_e

$$e_{const}=\frac{\Delta e_p}{\Delta t} \quad (10)$$

Зная e_{const}, находим значение начального коэффициента вязкости исследованного грунта:

$$\eta_{нач} = \frac{P}{e_{const}} \tag{11}$$

Значения коэффициента вязкости испытуемого грунта соответствует времени $t = \infty$, что исключает возможность его прямого экспериментального определения.

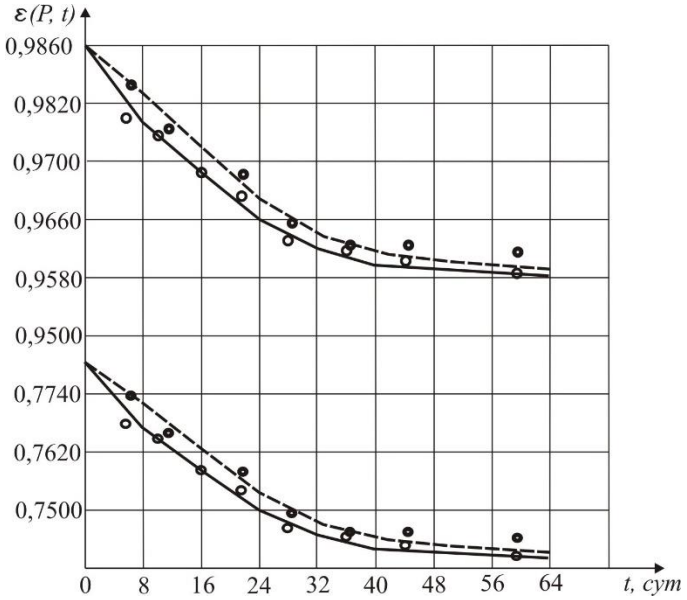


Рис. 1. Изменение коэффициента пористости неводонасыщенного грунта во времени

Величина $\eta_{кон}$ может быть найдена по следующему выражению:

$$\frac{t_3 - t_2}{t_2 - t_1} = \frac{\ln[\eta_{кон} - \eta_3(t)] - \ln[\eta_{кон} - \eta_2(t)]}{\ln[\eta_{кон} - \eta_2(t)] - \ln[\eta_{кон} - \eta_1(t)]} \tag{12}$$

Здесь величина коэффициентов вязкости $\eta_1(t), \eta_2(t)$ соответствуют времени t_1, t_2, и t_3 и значение их определяется экспериментальной кривой зависимости $\eta(t) = f(t)$ на некотором участке её. В месте с тем $\eta_{кон}$ может быть определена иным путем, в частности при соблюдении условия:

$$\frac{t_3 - t_2}{t_2 - t_1} = 1{,}0$$

Из выражения (12) получим:

$$\eta_{кон} = \frac{\eta_2^2(t) - \eta_1(t) \cdot \eta_3(t)}{2\eta_2(t) - \eta_1(t) \cdot \eta_3(t)} \quad (13)$$

При определении коэффициента вязкости на время *t* исследованного грунта были использованы методы «длительного опыта».

Для ориентировочного представления о пределах изменения коэффициента вязкости глинистых грунтов могут быть использованы следующие данные, приведенные Карауловой З.М. [4].

Грунты в мягкопластичной консистенции $a \cdot 10^{10} \div a \cdot 10^{12}$ пуаз;

грунты в тугопластичной консистенции $a \cdot 10^{12} \div a \cdot 10^{13}$ пуаз;

грунты в полутвердой консистенции $a \cdot 10^{14} \div a \cdot 10^{15}$ пуаз;

грунты в твердой консистенции $a \cdot 10^{15} \div a \cdot 10^{17}$ пуаз.

Полученные нами в результате экспериментальных работ значения коэффициента вязкости исследованных грунтов при длительном уплотнении изменяются в пределах $a \cdot 10^{14} \div a \cdot 10^{16}$ пуаз.

Список литературы:

1. Цытович Н.А. Механика грунтов. М.,1963.
2. Коджаманов К.Т. Закономерности ползучести в лессовых грунтах. Труды СоюзДорНИИ, вып.37, 1970.
3. Маслов Н.Н., Коджаманов К.Т. Некоторые вопросы прогноза осадки сооружений выводимых на неводонасыщенных глинистых грунтах. «Основания, фундаменты и механика грунтов», 1970, №4.
4. Маслов Н.Н. Длительная устойчивость и деформация снижения подпорных сооружений, «Энергия»,1965.

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

Лившиц А.В.

РОССИЯ, ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Аннотация. Статья посвящена проблемам исследования высокочастотной обработки полимерных материалов. Обосновывается необходимость создания автоматизированной системы научных исследований высокочастотной обработки (АСНИ ВЧ), формулируются цели создания и требования к ее аппаратно-программному составу. Дана структурная схема аппаратной части АСНИ ВЧ с перечнем регистрируемых параметров технологического процесса электротермии. На основе результаты экспериментов, полученных при использовании АСНИ ВЧ формируется новый метод управления процессом высокочастотной обработки полимерных изделий, при котором контролируется достижение экстремальных характерных точек изменения анодного тока высокочастотного генератора с целью контроля изменения релаксационных состояний полимеров. Данный метод позволяет формировать управляющие сигналы систем автоматического управления технологическими процессами высокочастотной обработки.

Ключевые слова: Высокочастотная обработка, электротермия, автоматизация, полимеры, система научных исследований, анодный ток, алгоритм, система управления.

Abstract. The article is devoted to issues of research high-frequency processing of polymeric materials. Formulated the necessity of creation of the automated system of scientific researches of high-frequency processing (ASSR HFP), formulated the purpose and the requirements for its hardware and software composition. Given the structural design of hardware ASSR HFP and a list of registered parameters of the technological process of electrothermics. The article shows the experimental results obtained through the use of ASSR HFP. These experiments show that the beginning of the melting point of the polymers corresponds to the first minimum of the values of the anode current flow of the high-frequency generator for polyvinylchloride and polyamide. This point corresponds to the end of the welding process of polyamides.

The first minimum of the values of the anode current flow of the high-frequency generator corresponds to the drying temperature. The article generated a new method to control the high-frequency processing of polymer products in accordance with experimental data. In this method, controlled by the extreme point of change of the anode current flow of high-frequency generator for the purpose of monitoring of the changes of the relaxation state of polymers. This method allows to form the control signals of the automatic control systems of technological processes of high-frequency processing.

Keywords: High-frequency processing, electrothermics, automation, polymers, the system of scientific research, anode current flow, algorithm, control system.

Полимерные материалы широко применяются во многих отраслях промышленности, поскольку обладают рядом преимуществ, которые позволяют заменять традиционные материалы полимерами при изготовлении деталей, работающих при невысоких нагрузках. Вопросы, касающиеся технологий производства и эксплуатации изделий из полимерных материалов, изучены явно недостаточно. Существует большое количество аспектов данного вопроса, требующих научных исследований. Высокочастотная (ВЧ) электротермия, применительно к полимерным материалам, является одним из прогрессивных способов обработки деталей, позволяющих восстанавливать их прочностные свойства, продлевая срок службы, диагностировать дефекты деталей, сваривать полимерные конструкции и т.д. [6]. Однако, вследствие наличия сложных законов изменения электрофизических параметров полимеров от температуры, времени нагрева и других факторов при реализации технологических процессов ВЧ-обработки возникает большое количество проблем: необходимость защиты от пробоя, контроля релаксационного состояния материала и температур нагрева, контроля влажности материала и др.

В связи с этим разработка технологических процессов электротермии полимеров и алгоритмов управления ими требует всестороннего исследования взаимосвязи электрофизических параметров работы оборудования и обрабатываемого материала, процессов, происходящих в материале при его нагреве, и отработки конкретных технических решений с использованием современной аппаратно-программной базы. Таким

образом, создание полноценной автоматизированной системы научных исследований высокочастотной обработки (АСНИ ВЧ) с развитыми аппаратными и программными модулями трудно переоценить.

Создание АСНИ ВЧ должно преследовать следующие цели:

- повышение эффективности и качества научных исследований процессов высокочастотной обработки, а также применения сформированных на основе таких исследований методов, методик, технических решений в области высокочастотной электротермии для проектирования технологических процессов, автоматизированных систем управления;
- получение качественно новых научных результатов;
- сокращение сроков, уменьшение трудоемкости научных исследований и испытаний новых технических решений, найденных с помощью АСНИ ВЧ;

АСНИ ВЧ должна:

- состоять из развитой аппаратной части, позволяющей производить сбор электрофизических параметров оборудования и процессов электротермии с передачей в реальном времени для обработки средствами программного обеспечения ЭВМ;
- иметь в своем составе систему обработки экспериментальных данных;
- создаваться на базе серийных средств вычислительной техники широкого применения;
- быть построенной на принципах открытой архитектуры, допускать быструю адаптацию и модернизацию при расширении класса решаемых задач как в аппаратной, так и программной части;
- для быстрой адаптации системы при использовании различного электротермического оборудования должно быть минимизировано вмешательство в его схемную реализацию.

В соответствии со сформулированными выше требованиями была создана АСНИ ВЧ, в основу которой положено технологическое оборудование - ВЧ-

генератор УЗП-2500 (f=27,12 МГц) (рисунок 1). Блок автоматизации [1,2,3,5], выполняющий регистрацию, обработку и передачу информации строился на базе программируемого контроллера.

Рисунок 1. ВЧ-генератор типа УЗП-2500

На рисунке 2 изображена структурная схема аппаратной части АСНИ высокочастотной обработки полимерных материалов [5,6], содержащая: 1 – рабочий конденсатор ВЧ-оборудования; 2 – экранирующий корпус; 3 – переменный конденсатор регулирования напряжения рабочего конденсатора U_p; 4 – источник постоянного напряжения; 5 – высокочастотный генератор; 6 – система управления сигнализацией; 7 – цепь управления генератором; 8 – исполнительный механизм; 9 – датчик анодного тока I_a; 10 – программируемый логический контроллер (ПЛК); 11 – акустические датчики регистрации частичных разрядов; 12 – датчик температуры T^0C [8]; 13 – помехозащищенный корпус ПЛК; 14 – персональный компьютер; 15 – экранирующий кожух рабочего конденсатора; 16 – датчик тока силовой цепи; 17 – коаксиальный кабель; 18 – датчик высокочастотного напряжения; 19 – датчик положения переменного конденсатора (емкость конденсатора); 20 – датчик перемещения высокопотенциальной плиты рабочего конденсатора; 21 – блок автоматизации.

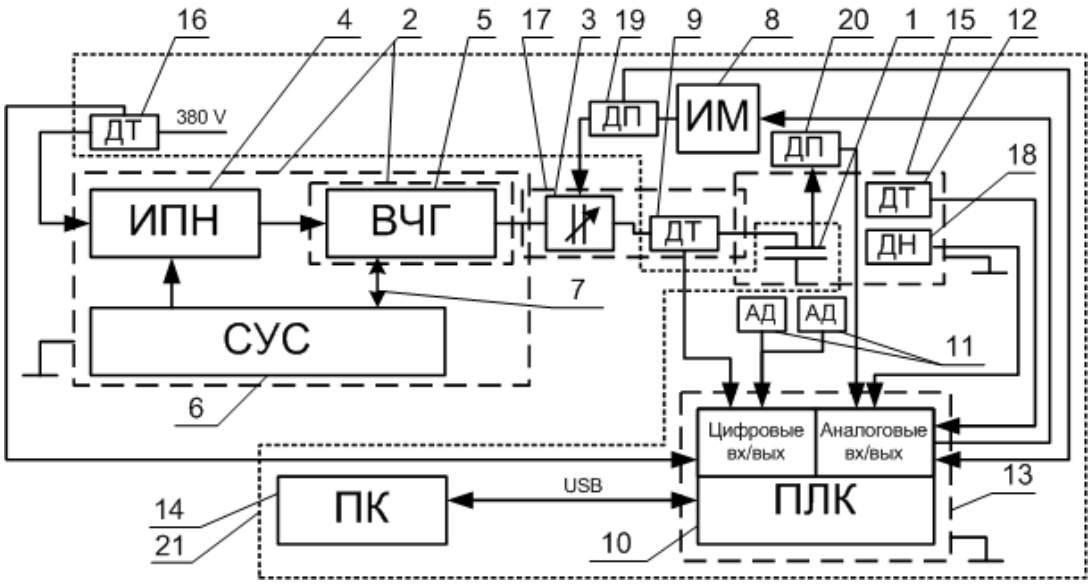


Рисунок 2. Структурная схема аппаратной части АСНИ ВЧ

Данная архитектура позволила осуществить интегрированное внедрение разработанной системы автоматизации в существующую схему ВЧ-установки без изменения последней. В результате АСНИ ВЧ позволяет осуществлять сбор параметров работы оборудования и состояния материала, передавать их для обработки на ЭВМ (с возможностью расширения до 18 аналоговых и 56 цифровых каналов).

АСНИ ВЧ позволяет регистрировать и обрабатывать информация по следующим показателям:

- ток анодный высокочастотного генератора (А);
- ток силовой цепи (А);
- емкость рабочего конденсатора (мкФ),
- емкость переменного конденсатора регулирования напряжения рабочего конденсатора;
- напряжение U_p рабочего конденсатора;
- расстояние между обкладками рабочего конденсатора;
- частичные разряды.

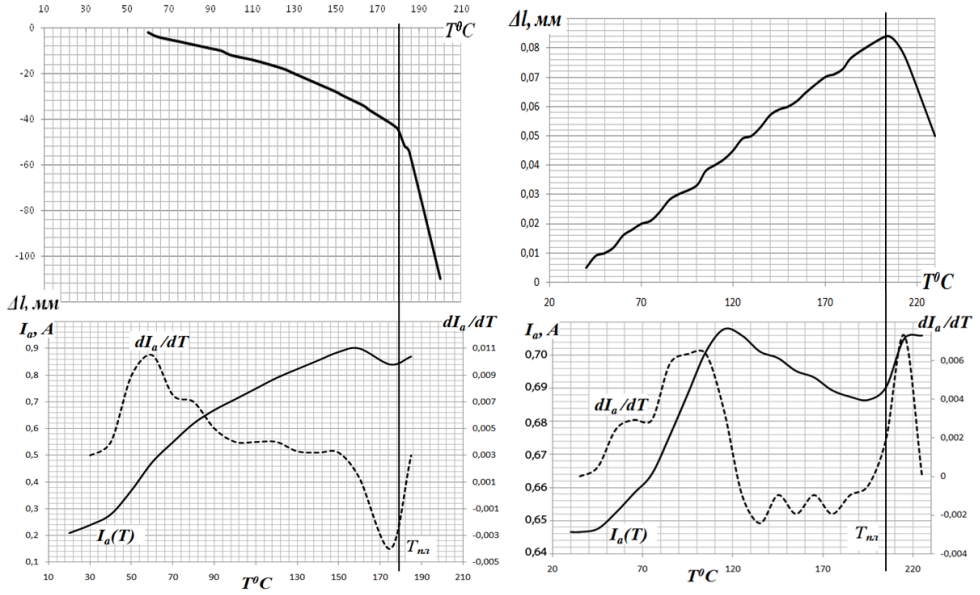
В качестве ПЛК использована микроконтроллерная плата программируемого логического контроллера семейства Duino-ArDuino на базе AtMega2560. Возможность быстрого перепрограммирования

контроллера позволяет оперативно отлаживать программу управления в реальном режиме времени и при необходимости менять программу при реализации различных технологических процессов ВЧ-нагрева.

Программная часть состоит из управляющего программного обеспечения микроконтроллера и интерфейсной части, построенной на основе использования программы PowerGraph, позволяющей осуществлять сбор данных с различных измерительных устройств и приборов; производить регистрацию, визуализацию сигналов; математическую обработку в режиме реального времени и off-line; хранение, импорт и экспорт, редактирование и анализ экспериментальных данных. Все это значительно расширяет возможности АСНИ ВЧ и позволяет решать широкий круг задач в области ВЧ-нагрева.

Ряд проведенных исследований с использованием АСНИ ВЧ позволил получить новые результаты в области управления технологическими процессами электротермии.

Полученные с помощью описанной установки характерные амперометрические зависимости изменения толщины обрабатываемого полимерного образца $\Delta l(T)$, анодного тока I_a (T) и скорости изменения анодного тока dI_a/dT (вычисленной на основе левых конечных разностей) от температуры T^0C приведены на рисунке 3.



а б

Рисунок 3 - Зависимости $\Delta l(T)$, $I_a(T)$, dI_a/dT для базовых полимеров:

а – поливинилхлорид (ПВХ), б – полиамид ПА6

Анализ графиков показывает, что с учетом инерционности системы и дискретности проводимых измерений изменение фазового состояния нагреваемых материалов (начало плавления) соответствует первому минимуму значений анодного тока высокочастотного генератора. Первому максимуму анодного тока и, следовательно, максимуму тангенса угла диэлектрических потерь, соответствует температура образцов: для ПА6 T_{max} =115^{0}С (56%$T_{пл}$), для ПВХ T_{max} =160^{0}С (89%$T_{пл}$). Данные температуры целесообразно использовать для организации контроля процесса сушки полимеров.

Таким образом, автоматическое управление процессом электротермии полимеров целесообразно организовывать по косвенному показателю изменения коэффициент диэлектрических потерь ε'' – динамике изменения анодного тока I_a высокочастотного генератора, в т.ч. амплитуде, скорости изменения в процессе обработки и соответствию I_a максимумам и минимумам, что позволит решать задачи повышения качества обработки полимерных изделий [7]. Данное решение определяет новый метод управления процессом ВЧ-обработки полимерных изделий, в котором контролируется достижение экстремальных характерных точек изменения

анодного тока высокочастотного генератора с целью контроля изменения релаксационных состояний полимеров, позволяющий формировать управляющие сигналы систем автоматического управления

В соответствии с вышеизложенным можно сделать следующие выводы:

1. Создана полноценная автоматизированная система научных исследований высокочастотной обработки, позволяющая выявлять взаимосвязи электрофизических параметров оборудования и обрабатываемых материалов и без ее аппаратной модификации производить отработку технических решений по созданию автоматизированных систем управления высокочастотной обработкой, формировать новые технические, технологические решения.
2. Использование АСНИ ВЧ позволило сформировать новую методологию управления процессами высокочастотной электротермии, позволяющую решать задачи повышения качественных свойств изделий из полимерных материалов.

Список литературы:

1. Блок автоматизации устройства высокочастотной термообработки полимерных материалов. Патент на полезную модель №118916 / Н. Г. Филиппенко, А. В. Лившиц, А. Я. Машович С. К. Каргапольцев // Патентообладатель: ФГБОУ ВПО ИрГУПС. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 10.08.2013.
2. Лившиц, А. В. Автоматизация высокочастотной термообработки полимерных материалов / А. В. Лившиц, А. Я. Машович, Н. Г. Филиппенко // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. – 2011. – Вып. 12 (59). – С. 357 – 362.
3. Лившиц, А. В. Автоматизация процесса высокочастотного нагрева материалов на промышленной установке УЗП- 2500 / А. В. Лившиц, А. Я. Машович, Н. Г. Филиппенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск: ИрГУПС. – 2011. – Вып. 2 (30). – С. 193 – 198.
4. Лившиц, А. В. Система управления и блок устройства автоматизации высокочастотной обработки полимерных материалов [Электронный ресурс] / А. В. Лившиц, С. К. Каргапольцев, Н. Г. Филиппенко // Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011».: докл. Междунар. конф. – Режим доступа: http://www.sworld.com.ua /index.php/ru /transportation-

411/maintenance-and-repair-of-transportation-411/11637 – 411 – 0277 (дата обращения: Октябрь 2011 года) – номер ЦИТ 411 – 0277.

5. Лившиц, А. В. Технология электротермической обработки материалов полем высокой частоты / А. В. Лившиц, Н. Г. Филиппенко, А.Я. Машович // Научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов электромеханического факультета ИрГУПС - «Проблема транспорта Восточной Сибири» 21 – 22 апреля 2011г. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС. – 2011. – С. 139 – 144.
6. Лившиц, А. В. Высокочастотная обработка полимерных материалов. Организация системы управления / А. В. Лившиц, Н. Г. Филиппенко, С. К. Каргапольцев. – Иркутск: ИрГУПС. – 2013. – 170 с.
7. Устройство измерения температуры поверхности объекта. Патент на полезную модель № 132549 / А. В. Лившиц, С. И. Попов, Н. Г. Филиппенко // Патентообладатель: ФГБОУ ВПО ИрГУПС. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 20.09.2013.

Основы ситуационного подхода в управлении судном

Масик И.П.

Украина, Киевская государственная академия водного транспорта им. гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного

Аннотация. В статье рассмотрены принципы ситуационного управления, выделены некоторые контуры, которые включают в себя наборы средств управления в соответствии с прогнозируемыми ситуациями.

Ключевые слова: ситуационный подход, оперативное управление судном, принципы ситуационного управления.

Abstract. The article discusses the principles of situational management, highlights some of the contours, which include sets of controls in accordance with the projected situations.

Keywords: situational approach, the operational management of the vessel, the principles of situational management.

Основой для оперативного управления судном в условиях интенсивного судоходства, является оперативный план, разработанный в соответствии с возможными ситуациями. В случае если план учитывает все возможные ситуации и цели управления, реализация оперативного управления связана, прежде всего, с контролем этого плана. В случае если при планировании не были учтены какие-либо специфические ситуации, которые могут привести к аварийной ситуации, оперативное управление предназначено для удовлетворения основной цели - обеспечение безопасности судовождения.

В соответствии с вышесказанным в оперативном управлении можно выделить несколько контуров, которые включают в себя наборы средств управления в соответствии с прогнозируемыми ситуациями:

- управление по оперативному плану;
- корректировка оперативного плана по факту;
- предупредительное управление.

В общем виде ситуационный подход к управлению может быть представлен следующим выражением:

$$S_t : C_t \xrightarrow{U_k} C_{t+1}$$

где Ct - текущая ситуация, т.е. совокупность всех сведений о структуре объекта управления и его функционировании в данный момент времени;
St - технологические принципы управления, т.е. совокупность решений для текущих ситуаций, а также знаний о самой системе управления объектом.

Смысл этого соотношения заключается в следующем. Если на объекте управления сложилась текущая ситуация C_t и состояние системы управления и технологические принципы управления, определяемые S_t , допускают использование управляющего воздействия в виде одного шага U_k, то оно используется и текущая ситуация превращается в C_{t+1}.

В основном принципы ситуационного управления, как показано в работах [1-4], реализуется в областях управления, которым присуща недостаточность или неопределенность знаний об исследуемой системе, когда получение требуемой информации является сложной, трудоемкой или невозможной задачей. При этом чёткие модели вообще не могут быть созданы, либо являются слишком сложными для практического использования. Информация доступна в виде экспертных данных.

Таким образом, можно сформулировать следующие основные принципы, присущие ситуационному подходу в оперативном управлении судном в условиях интенсивного судоходства:

- описание ситуаций, складывающихся для объекта управления в динамическом внешнем окружении, должно быть произведено на таком информационном уровне, в котором отражались бы основные параметры и связи, необходимые для классификации этого описания;

- уровень описания ситуаций должен позволять отражать в нем не только количественные факты и соотношения, характеризующие объект управления, но и качественную информацию;
- классификация ситуаций и объединение их в классы при использовании одношаговых решений должна происходить на объективной основе путем формирования индивидуальных критериев объекта управления;
- для сложных объектов, таких как судно, одношаговые решения не определяют целостной стратегии управления, которая, как правило, состоит из цепочки одношаговых решений, причем, как правило, непоследовательной.

Выводы. Как показано, задача оперативного управления судном в условиях интенсивного судоходства, может иметь решение на основе ситуационного подхода. Решение данной задачи занимает важное место в общем комплексе решений задач управления судном, поскольку принимаемое решение в условиях интенсивного судоходства напрямую влияет на уровень общей безопасности судоходства в месте нахождения судна.

Список литературы:

1. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. - М.: Энергия, 1974.
2. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. - М.: Наука, - 1986.
3. Мелихов А.Н., Берштейн Л.Е., Коровин С.Д. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. - М.: Наука, 1990.
4. Чимшир В.И. Динамика формирования целей управления процессами функционирования сложных систем в пространстве ситуаций [Текст] // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Нові рішення в сучасних технологіях. - Харків: НТУ «ХПІ», 2012. - №9 - С.36-40.

Исследование эффективности транспортной подвижности жителей мегаполисов при использовании различных видов транспорта на городских маршрутах

Ошорова В.В.[1], Чеботаев А.А.[2], Ивахненко А.М.[1], Ивахненко А.А.[1]

[1]Россия, Московский автомобильно-дорожный институт

[2]Россия, Научный центр по комплексным транспортным проблемам министерства транспорта российской федерации

Аннотация. В статье рассматривается эволюция транспортной подвижности жителей мегаполисов, в частности, при использовании различных видов транспорта на городских маршрутах. Также предлагается методическая процедура расчета спроса на городские пассажирские услуги. Представлены транспортные факторы влияния подвижности населения на расселение мегаполисов.

Ключевые слова. Численность населения, мегаполис, концепция экстенсивного / интенсивного градостроения, транспорт, время передвижения, улично-дорожная сеть, автобус, обособленные полосы, скоростной маршрут.

Abstract. The article examines the evolution of transport mobility of citizens, in particular, when using different modes of transport on city routes. Methodology of the calculation the demand for urban passenger services is also proposed as well as the influence of transport factors the mobility of the population in the resettlement of megapolis.

Key words. The population of the megapolis, the concept of extensive / intensive urban development, transport, transit, street network, bus, separate lanes, high-speed route.

Введение

Пассажирский сегмент рынка транспортных услуг является весьма сложным. И это связано не только с потребностью «кого возить?» в слабо структурированном «броуновском» движении городских жителей, но и с необходимостью учета многих и часто противоречивых урабанизационных процессов: комфортабельностью, временем поездки, сезонностью, стоимостью поездки, размерами городских территорий и др.

Формирование спроса на передвижение

Тенденция демографии последнего десятилетия характеризуется ускоренным приростом населения земного шара. Аналогичным трендом можно описать характер урбанизации городов и мегаполисов. Мировая практика показывает, что порядка 65% населения земного шара принадлежит к городскому. Хотя еще в 1950-е годы прошлого столетия городское население составляло лишь четверть населения Земли.

Подобное демографическое распределение жителей связано с очевидными социальными преимуществами доступными в городах: обширный рынок труда, широкая доступность к культурно-развлекательным мероприятиям, наличие различных высших учебных заведений, большое количество специализированных учреждений здравоохранения и др. Ежедневное посещение таких мест тяготения на территории городов формирует пассажирские услуги различной интенсивности и сложности.

Зависимость спроса (в виде количества поездок) на городские пассажирские услуги от численности населения можно определить с помощью формулы (1):

$$X=\left[\frac{Д-Р}{Т}*\alpha+\frac{Дл}{Т}*(1-\alpha)\right]*Ч, \quad (\text{поездок}) \qquad (1)$$

Где: Д, Р- соответственно месячный совокупный доход и расход на жизненно необходимые нужды, руб.;
Т - муниципальный тариф одной поездки пассажира устанавливаемый городской администрацией, руб.;
Дл - размер месячной льготы на поездку пассажира (выпадающие доходы транспортных предприятий, руб.;
α -доля «платных» пассажиров, доли ед.;
Ч – численность «прописанного» населения, чел.

Следовательно, увеличение числа жителей, например до 1 миллиона человек и более (превращение в мегаполис) приводит к росту подвижности пассажиропотоков, и тем самым к снижению комфортности поездки, а также к усложнению развития транспортной инфраструктуры. Часто, при этом наблюдается снижение качества транспортного обслуживания городского населения, (наполняемость превышает 5 чел/м^2 и др.).

Очевидным и вполне ожидаемым был автомобильный бум, который начался в городах России примерно с 1990-х годов: население ускоренными темпами приобретало легковые автомобили, одновременно росла загруженность дорог, приводившая, в частности, к нарушению графиков движения общественного транспорта. Все это склоняло еще большее количество горожан к приобретению легковых автомобилей.

Градостроительные тенденции и транспортный фактор

Все проводимые мировые исследования по своим подходам к разрешению этой проблемы и установлению целевых ориентиров могут быть сгруппированы в две основные концепции градостроительства:

1. Концепция экстенсивного территориального развития (с постепенным «расползанием» пятна застройки), увеличением плотности застройки, строительством эстакад, тоннелей, и соответственно с вытекающими экологическими последствиями;
2. Концепция интенсивного, качественного развития градостроительства путем рассредоточения застройки жилых домов на определенной удаленности в зеленых зонах вокруг некоторого центра. Это альтернативный подход координированного использования всех видов транспорта. В таких многополюсных

агломерациях системы общественного транспорта могут быть более эффективны и привлекательны для жителей.

Общая цель данных концепций - снижение затрат времени на передвижение ∆ t (без учета времени ожидания и подхода к остановке). Это условие остается одним из мотивирующих факторов при выборе того или иного вида городского транспорта для деловой поездки. Время передвижения - это своего рода показатель городской мобильности жителей. Данный показатель можно определить по формуле (2):

$$\Delta t = Lп/Vск - Lп/Vнск, ч.; \quad (2)$$

Где Lп – дальность поездки пассажира, км
Vск, Vнск - соответственно скорость движения при скоростном и нескоростном виде сообщения, км/ч.

Очевидно, что реализация показателя (2) более предпочтительна при использовании второй концепции развития перспективного градостроительства.

Так, например, при сравнении времени движения автобусов на скоростном маршруте со скоростью 45 км/ час, и в смешанном сообщении при скорости 20 км/ч на расстояние 10 км, можно определить экономию времени поездки пассажира равную 17 минут при движении на скоростном обособленном маршруте. Выгода по затратам времени очевидна.

Важно отметить, что согласно СНИП 2.07.01-89(2000) «Градостроительство, планировка и застройка городских и сельских поселений» предельное время передвижения до момента возникновения транспортной усталости пассажира составляет 40 минут. Продолжительность времени поездки характеризует эффективность функционирования городской пассажирской транспортной системы и зависит от эффективности использования выделенных для нее территорий. Резервы повышения эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса мегаполиса связаны с увеличением провозной способности существующей транспортной инфраструктуры. Мотивировать пассажиров к использованию общественного транспорта возможно только через

кардинальное его развитие. Для этого необходимо отделить движение общественного транспорта от транспорта личного пользования (посредством, например, выделения полос) и создать приоритеты для его развития. Это позволит увеличить скорость и регулярность движения общественного транспорта и сделать его движение прогнозируемым для пассажиров.

Для определения целесообразности выделения обособленных полос на тех или иных участках улично-дорожной сети могут быть использованы методические положения (5).

В качестве критерия рекомендуется использовать сравнение общего времени задержки участников дорожного движения при смешанном движении и при наличии выделенной полосы.

Очевидно, что выделение полосы общественного транспорта целесообразно осуществлять в том случае, если разность значений общего времени задержки при смешанном движении и при наличии выделенных полос будет положительной.

В этом случае традиционный автобусный транспорт представляется перспективным видом городского транспорта. Ожидается, что он будет иметь инновационную привлекательность не только за счет новых видов организации движения (т.е. посредством выделения полос) но и за счет использования в будущем It технологий (применение в перспективе «беспилотных» технологий на скоростных маршрутах по аналогии с отечественными самолетами-беспилотниками, и первым самоуправляемым «гуглмобилем»[1]).

[1] http://successfulauto.ru/google/609-avtomobil-google.html

Выделение обособленных полос для движения общественного транспорта сможет стать важным фактором к реализации концепции расселения мегаполисов и превращения их в многополюсные агломерации[2].

Как показали выполненные нами экспериментальные расчеты, предельные размеры ареала расселения мегаполисов агломерацией лимитируются в основном скоростью сообщения и комфортабельностью поездки на различных видах транспорта (Табл.1).

Из данных таблицы 1 следует, что наибольшая транспортная подвижность между центральным городом и городами спутниками агломерации обеспечивается вертолетным транспортом. По сравнению, например с велосипедом (индекс предпочтительности составляет 12,6 ед. при удаленности на расстояние 120,6 км).

Однако этот экзотический вид транспорта доступен лишь исключительным персонам. Высокий индекс предпочтительности наблюдается и среди рельсовых видов транспорта: метрополитен, трамвай, железнодорожный транспорт.

По данным таблицы 1 также видно, что с помощью скоростных маршрутов повышается транспортная подвижность. Дальность поездки пассажира перестает быть трудно решаемой проблемой для жителя крупного города.

Так скоростной автобусный маршрут имеет индекс предпочтительности равный 3,3 в противовес 1,7 для маршрутов смешанного сообщения. То есть город-спутник может быть удален от мегаполиса на расстояние 33,5 км при реализации скоростных маршрутов вместо 16, 8 км.

[2] Чеботаев А.А. Ивахненко А.М.Ефименко Б.Б., Клитченко И.М., Влияние транспортных факторов на пространственно-территориальное развитие больших городов. Автотранспортное предприятия №4, 2013

Таблица 1 – Влияние транспортных факторов на расселение агломераций

Кол-во мест для сидения, ед. (n)	Внепланово-вый интервал движения, мин. (t)	Вид транспорта (i)	Скорость сообщения км/ч (V)	Дальность расселения, км (S)	Индекс пассажирской предпочтительности в зависимости от дальности расселения, ед. (Ii=Si/Sвелосипед)	Комфортабельная провозная способность по местам сидений, пасс/час ($W= n_i*60/ti$)
-	-	«Пешеходный»	4	2,7	-	-
1	10	Велосипед	15	10	1	6
2	11	Мотоцикл	40	26,8	2,7	11
4	15	Легковой автомобиль	50	33,5	3,3	16
20	12	Троллейбус	18	12,1	1,2	100
340	30	Метрополитен	42	28,1	2,8	680
30	12	Трамвай (обычный)	22	14,7	1,5	150
35	20	Трамвай скоростной (вагон) типа R1 Урал-вагон-завода	45	30,2	3	105
880	40	Железно-дорожные электро-поезда (обычные)	44	35	3,5	1320
800	40	Железно-дорожные электропоезда (скоростные)	80	53,6	5,3	1200
25	15	Автобус (смешанное движение)	25	16,8	1,7	100
32	15	Автобус (обособленное скоростное движение)	50	33,5	3,3	128
250	35	Монорельс	120	80,4	8	429
6	45	Вертолет	180	120,6	12,6	8

Комфортабельность поездки во внепиковое время с наполнением равным количеству мест для сидения также приведена в таблице 1.

Полученные комфортабельные провозные способности (без учета существующих норм накопления 3 чел. для пригородного и 4-5 чел. для городского транспорта на 1 $м^2$ свободной площади салона) показывают, что для расселения агломераций могут использоваться различные виды транспорта в зависимости от складывающегося пассажиропотока и вместимости салонов подвижного состава. Очевидно, что скоростные виды транспорта являются более предпочтительными для пассажиров. Организация поездок на общественном транспорте по удобству поездки, стоимости и времени сопоставимой с поездкой на личном автомобиле, является основной задачей для городских администраций.

Перспективы решения проблемы пока осложняются ограниченностью накопленных знаний и несовершенством практических подходов к стратегии управления транспортом в агломерациях.

Вывод

Проведенное исследование показывает, что, несмотря на значительные успехи, достигнутые в области масштабного мирового градостроительства сейчас целесообразно осуществлять переход к качественно новым комплексным транспортным исследованиям. Необходимо перейти от оценки средних значений транспортной подвижности жителей к решению более сложных задач: анализу изменчивости транспортных пассажирских процессов в пределах отдельных агломераций. При этом особое внимание следует уделить аналитическому учету социального влияния транспортного фактора на ареал расселения во многих странах мира. Характер влияния транспортного фактора зависит не только от масштабов и видов транспорта, но и от скорости сообщения в агломерации. Полученные данные позволяют городской администрации осуществлять необходимые коррективы в области социально-транспортного развития многополюсных агломераций и мегаполисов.

Список литературы:

1. Чеботаев А.А., Конкурентоспособность транспортного комплекса РФ и финансовый кризис, Бюллетень транспортная информация № 12 (174) 2009;
2. Чеботаев А.А. и др., Синергия легковых автомобилей, природы, общества и экономики страны. Вестник транспорта № 2, 2004;
3. Чеботаев А.А. Ивахненко А.М., Ефименко Б.Б., Клитченко И.М., Влияние транспортных факторов на пространственно-территориальное развитие больших городов. Автотранспортное предприятия №4, 2013;
4. Вучик В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни, Территория будущего, 2011;
5. Якимов М.Р., Методология обоснования целесообразности выделения обособленных полос для движения общественного транспорта на улично-дорожной сети крупного города. Вестник МАДИ, вып. 2 (25), 2011.

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СТЕКЛОМАГНЕЗИТОВЫХ ЛИСТОВ ОТ ВЛАЖНОСТИ

ПЕСТРЯКОВ И.И., ПЕТРОВ О.Н., СТРЕЛКИН Ю.В., ЧЕРНЫШЕВ Д.А.

РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Аннотация. Стекломагнезитовый (стекломагниевый) лист - универсальный отделочный материал, влаго- и огнестойкий, прочный и экологически чистый. В сфере производства строительных материалов достаточно часто происходят значимые прорывы в плане оптимизации характеристик и экономической эффективности. Последним заметным событием в сегменте листовых отделочных материалов стало появление стекломагнезитового листа (СМЛ, магниевый лист, магнелит, доломитоволокнистый лист ДВЛ, магнезиально-цементный лист МЦЛ, glassmagnezium board), разные названия связаны в том числе и с фирменными наименованиями разных производителей.

Ключевые слова: стекломагниевый лист, СМЛ, теплопроводность, зависимость теплопроводности от влажности, график зависимости.

Abstract. Glass magnesium panel - universal finishing material, moisture and fire resistant, durable and environmentally friendly. In the field of production of building materials quite often there are significant breakthroughs in terms of performance optimization and cost-effectiveness. Creation of glass magnesium panel is the last notable event in the segment of the sheet of finishing materials.

Keywords: glass magnesium panel, magnesium oxide wallboard, the thermal conductivity, dependence of thermal conductivity on humidity.

Введение

Стекломагнезит- негорючий, влагостойкий и прочный материал, служащий хорошей тепло- и звукоизоляцией, а изготовлен он исключительно из экологическичистых компонентов [1]. Стекломагнезитовый лист имеет достаточно интересную структуру. Основными компонентами СМЛ

являются следующие минеральные вещества - природный магнезит, доломит, оксихлорид магния и перлит (вулканическое стекло). Доломит в составе СМЛ повышает его эксплуатационные свойства, в том числе огнеупорность материала, природный магнезит служит приданию листам особой прочности при относительно небольшой массе, оксихлорид магния образует пространственную структуру камня, а перлит улучшает звукоизоляционные свойства. Также в составе магниевого листа присутствует в качестве наполнителя мелкодисперсионная древесная стружка и стеклоткань в качестве армирования.

Таблица 1 – Характиристики отделочных материалов [2]

Наименование материалов	Плотность, г/см^3	Индекс изоляции воздушного шума, дБ	Влаговпитываемость (Разбухание)	Прочность на изгиб в сухом состоянии., мПа	Прочность на изгиб во влажном состоянии., мПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К
ОСБ	0,64	18	12%	28	13	0,33
ДВП	0,8-1,0	20	18%	38	4	0,4
ДСП	0,73	19	22%	17	3	0,37
ГКЛ	0,65	35	до 30%	2	0,1	1,45
ГВЛ	0,85	37	до 30%	5	0,3	1,4
СМЛ (6мм)	0,9-1,1	44	0,34%	14	22	0,14

В таблице 1 наглядно видны основные и наиболее значимые характеристики, среди которых те, по которым у СМЛ есть явное преимущество, а именно:

1. Влаговпитываемость (или склонность к разбуханию) у ДСП больше в 65 раз, у ГКЛ и ГВЛ в 40 раз и в 35 раз у OSB.
2. Во влажном состоянии СМЛ имеет прочность в 6 раз большую, чем у ДСП; при чём у ГКЛ и ГВЛ во влажном состоянии прочность практически отсутствует.
3. Теплопроводность СМЛ в 10 раз меньше, чем у ГКЛ и ГВЛ, и даже в 3 раза меньше, чем у ДСП.

Состав стекломагнезитового листа, выше приведённые характеристики и технология изготовления лежат в основе его преимуществ как строительного, так и отделочного материала, среди которых:

- Влагостойкость
- При нахождении в воде более 100 суток СМЛ класса Премиум не разбухает, не расслаивается, не деформируется. Разбухание по толщине в воде, %:
  - класс В (стандарт) - 0,5;
  - класс Премиум 01 - 0,4;
  - класс Премиум 02 –0,0.
- Теплопроводность

Теплопроводность листов в сухом состоянии при температуре 20ºС±2, Вт/м• К, не более:

- класс В (стандарт) - 0,266;
- класс Премиум 01 - 0,219;
- класс Премиум 02 - 0,197.

Мы поставили перед собой задачу исследовать, как меняется теплопроводность образцов СМЛ в зависимости от влажности. К сожалению, исследований в этой области нам найти не удалось. СМЛ много и активно продаются, но серьезно не исследован.

Теплопроводностью называют свойство материала передавать теплоту от одной поверхности к другой. Это свойство является главным как для большой группы теплоизоляционных материалов, так и для материалов, применяемых при устройстве наружных стен.

Существенное значение для теплопроводности имеет химическая природа веществ, входящих в состав материала. Причем, чем тяжелее атомы или атомные группы, образующие кристаллы материала, тем слабее они между собой связаны, тем меньше теплопроводимость материала. Теплопроводность теплоизолирующих материалов зависит от их плотности, пористости, структуры и формы пор, температуры, влажности, фазового состава влаги и других факторов. Для большинства строительных материалов, имеющих воздушные поры-пустоты, коэффициент теплопроводности находится в прямой зависимости от их объемной массы.

Закон изменения теплопроводности сухих строительных материалов в зависимости от их температуры обычно близок к линейному. Увеличение количества мелких и замкнутых пор всегда существенно понижает теплопроводность материала. В крупных порах, а особенно в сообщающихся между собой, возникают конвективные потоки воздуха, снижающие теплоизолирующий эффект пористости. По мере уменьшения общей плотности материала количество крупных пор обычно увеличивается, и теплопроводность уменьшается. Заметную роль играет не только общая пористость, но и форма, размер и ориентация пор, поскольку направление потока тепла и излучения внутри пор оказывает большое влияние на общую теплопроводность материала.

Влага, находящаяся в порах материала, меняет его теплопроводность. Во влажном материале пустоты заполнены водой, что увеличивает его теплопроводность. При отрицательных температурах теплопроводность влажных строительных материалов определяется характером криогенных фазовых превращений влаги и может быть выше или ниже, чем в зоне положительных температур. Это объясняется тем, что при отрицательной температуре влага в межпоровом пространстве может не превращаться в лед, а выпадать в виде инея, теплопроводность которого ниже чем у льда и воды. Когда влаги недостаточно для заполнения крупных пор льдом, где в первую очередь происходят криогенные фазовые превращения, теплопроводность материала снижается. Причем, лед сорбирует влагу из более мелких пор и, тем самым, как бы осушает материал. При большом влагосодержании материала лед в его порах образует не вкрапления, а мостики холода, существенно увеличивая теплопроводность материала.

Измерения теплотехнических характеристик при изменении влажности

Испытания проводились в испытательно-сертификационном центре «Высота» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) на климатической установке, состоящей из холодильной камеры типа ТХ-500 и приставного «теплого» отсека. Испытанию подвергался образец стекломагниевого листа класса Премиум 02 размером 700х995х10мм.

В нескольких точках образца с двух сторон на него (см. рисунок 1) были установлены датчики для определения температуры поверхности образца и теплового потока, проходящего через образец. Для сбора измерительной информации использовался многоканального измеритель «Теплограф» с Модулем-07. Было установлено 14 датчиков температуры и 7 датчиков теплового потока для более точного определения характеристик материала.

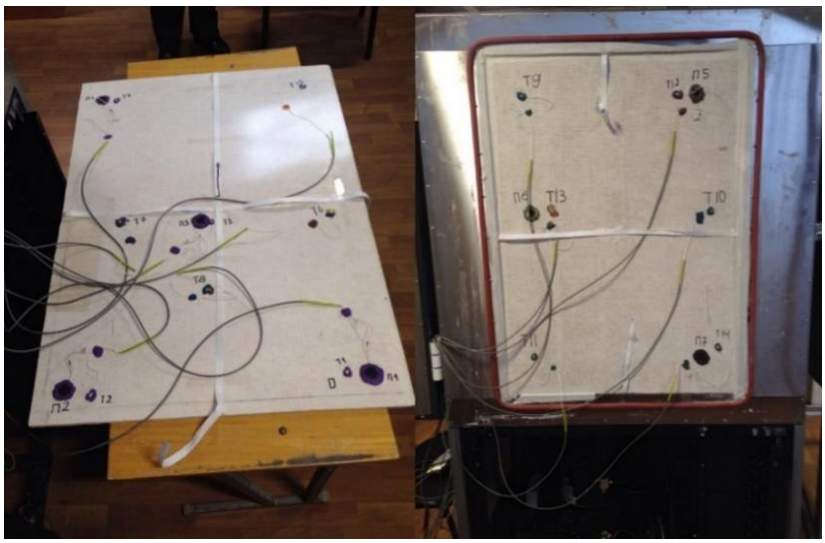


Рисунок 1. Оразец СМЛ с датчиками

Испытуемый образец был помещен в климатическую камеру ТХ-500 гладкой стороной внутрь ровно по размеру проема. После этого, к камере подставили другую камеру, имитирующую помещение с комнатной температурой 20 ± 1^0C (см. рисунок 2).

Затем, включив установку с разностью температур $\Delta= 50^o$C, оставили ее работающей на двое суток для достижения постоянства теплового потока в образце.

Рисунок 2. Образец СМЛ при измерении в климатической установке с холодильной камерой типа ТХ-500

В ходе этих испытаний получили данные распределения температур по всему образцу, с внутренней и внешней поверхностей, а также данные тепловых потоков по внешней поверхности, имитирующей внутреннюю поверхность стен здания. Второе и следующие измерения занимали 12 часов, так как при первом измерении установили, что за такой промежуток времени температуры и тепловые потоки принимают практически неизменный характер, которые необходимы для установления среднего значения этих характеристик.

После этого, увлажнили наружную поверхность образца путем опрыскивания 500 мл воды. Провели те же испытания и съем измерительной информации с датчиков, оставив образец еще на 12 часов. Потом увеличили объем воды на 50% (750 мл), оставив образец во включенной камере на такое же время. И выполнили третье испытание после увлажнения 1000 мл воды.

Для удобства в центре был выпилен круг для определения влажности, который взвешивали при естественном состоянии, и при каждом увлажнении, а потом устанавливали на прежнее место с герметизацией. Обработка результатов выполнялась с использованием формулы (1):

$$W_{\text{в}} = \frac{(\text{M}_{\text{в}} - \text{M}_{\text{с}})}{\text{M}_{\text{с}}} x100, \quad (1)$$

где
$W_{\text{в}}$- весовая влажность, %;
$M_в$ – масса влажного образца, г;
$M_с$ – масса образца после высушивания, г.

Результаты расчетов значений влажности приведены в таблице 2.

В ходе этих испытаний получили данные по температуре и тепловому потоку в соответствии с заданной влажностью (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Характеристики, полученные при исследованиях образца СМЛ

Объем воды, мм / Характеристикака	Сухой	500	750	1000
Влажность, %	2,3	9,1	17,0	26,0
Средняя внешняя поверхностная температура, °С	-19,8	-19,8	-18,5	-17,1
Средняя внутренняя поверхностная температура, °С	-11,2	-11,6	-11,0	-9,9
Средний тепловой поток, Вт/м^2	153,0	170,0	182.1	188,2

Значение коэффициента теплопроводности λ рассчитывали по формуле 2:

$$\lambda = q \frac{\delta}{t_{out} - t_{indoor}}, \quad (2)$$

где
q – тепловой поток, Вт/м^2;
δ – толщина плиты, м;
t_{out}–температура внешней поверхности, °С;
t_{indoor} – температура внутренней поверхности, °С.

Таблица 3 – Результаты расчета коэффициента теплопроводности образца СМЛ при различной влажности

Влажность образца W, %	2,3	9,1	17,0	26,0
Коэффициент теплопроводности λ, Вт/м· °С	0,178	0,209	0,242	0,261

На основании данных таблицы 3 по точкам 1,2,3,4 был построен график зависимости коэффициента теплопроводности образца СМЛ от влажности

(см. рисунок 3) и аппроксимирующая кривая в диапазоне влажностей $\Delta W_в$= (2...50) %

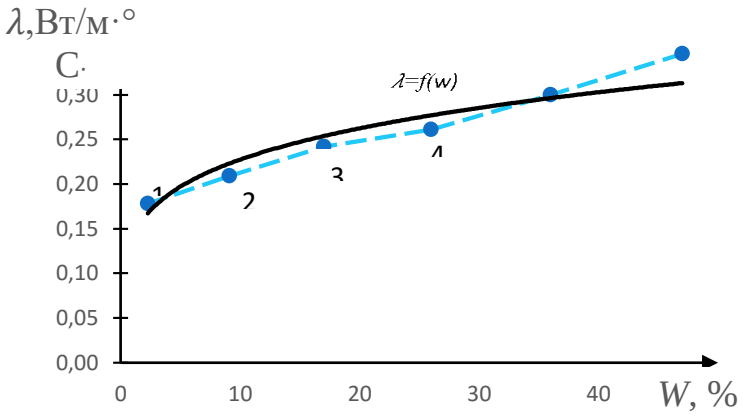


Рисунок 3. Аппроксимирующая кривая зависимости коэффициента теплопроводности (λ) от влажности (W), построенная по результатам измерений образца в точках 1,2,3,4

Дополнительно была сделана тепловизионная съемка температурных полей на внешней стороне образца (см. рисунок 4) для проверки данных, полученных с датчиков, и проверки данного образца на однородность структуры материала.

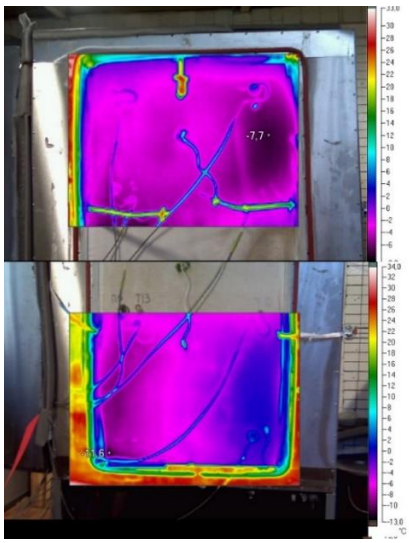


Рисунок 4. Инфракрасное изображение внешней поверхности образца СМЛ с распределением температурных полей

На рисунке 4 видно, что температуры в среднем на поверхности такие же, что и показал измеритель теплопроводности «Теплограф» на внешней поверхности образца. Градация от фиолетового до синего указывает на неоднородность структуры СМЛ образца.

Заключение

Стекломагнезит является пористым материалом, поэтому с увеличением его влажности такой показатель как коэффициент теплопроводности увеличивается с повышением влажности данного материала, что представлено на рисунке 3. Повышение теплопроводности связано с тем, что замещение воздушного порового пространства водой увеличивает коэффициент теплопроводности воды по сравнению с воздухом.

Из графика видно, что коэффициент теплопроводности при содержании массовой влаги до 50% возрастает приблизительно в 2 раза по сравнению с сухим образцом. Таким образом, можно вывести влажностный коэффициент $\Delta\lambda$ для стекломагниевого листа Премиум 02, равный 0,00361. Тогда на основании величины $\Delta\lambda$, можно аналитически найти коэффициент теплопроводности по формуле 3:

$$\lambda_w = \lambda_0 + \Delta\lambda \cdot (W - W_0), \quad (3)$$

где
λ_0, Вт/м·°С - коэффициент теплопроводности при естественной влажности W_0 ;
λ_w, Вт/м·°С - коэффициент теплопроводности при искомой влажности W.

Выполненные исследования еще раз доказывают, что влажность материала немаловажный показатель, который следует учитывать при расчёте его теплопроводности и теплопотерь здания в целом при подборе отопительного оборудования в помещениях с повышенной влажностью.

Благодаря испытаниям, эмпирически были определены коэффициенты теплопроводности стекломагниевого листа класса Премиум 02 толщиной 10 мм при различной влажности. Также был найден влажностный коэффициент Δλ для данного типа стекломагниевого листа, который

впоследствии должен упростить расчет теплопотерь помещения, где применён данный тип материала.

Список литературы:

1. Стекломагнезитовый лист: характеристики и использование URL: http://strport.ru/stroitelstvo-domov/steklomagnezitovyi-list-kharakteristiki-i-ispolzovanie.
2. Стекломагниевый лист в сравнении с другими материалами URL: http://sml-list.ru/steklomagnievyj-list-sml/sravnitelnye-kharakteristiki
3. Е. Г. Малявина. Теплопотери здания. Справочное пособие. Москва «АВОК-ПРЕСС» 2007.
4. А.А. Орлов, Б.Я. Трофимов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар, В.В. Зимич. Комплектная система для внутренней отделки магнезиальными материалами. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. № 35 (252) / 2011.
5. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника / Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 1998.
6. ГОСТ 25380-82, Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции. Buildings and structures.Method of measuring density of heat flowspassing through enclosure structures.
7. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. - 5-е изд., пересмотр. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2006.
8. Власов О.Е. Основы строительной теплотехники. - М.: ВИА РККА, 1938.
9. Ананьев А.И., Хоров О.А., Евсеев Л.Д., Ухова Т.А., Ярмаковский В.Н. Теплотехнические показатели строительных материалов и конструкций // Строительный эксперт. - 2005. - №16(203). - С. 17-23.
10. СТО 17532043-001-2005 РНТО строителей. Нормы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки эффективности зданий. - М.: РНТО строителей, 2006.
11. Лыков А.В. Теоретические основы строительной теплофизики. - Минск: АН БССР, 1961.
12. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий / Госстрой России. - М.: ФГУП ЦПП, 2004.
13. Эккерт Э.Р., Дрейк Р. М. Теория тепло- и массообмена. - М.: Энергоиздат, 1961.
14. Гринфельд Г.И. Отделка кладки из автоклавного газобетона. Учебное пособие. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Санкт-Петербург, 2011.

О МЕХАНИЗМЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЕРХТВЕРДОГО ИНСТРУМЕНТА С МЕТАЛЛАМИ В ПРОЦЕССЕ ИХ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ

АБРАМОВ В.В., РАКУНОВ Ю.П.

РОССИЯ, НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Аннотация. В данной работе, на примере выглаживания плоских поверхностей титана (Ti - активный металл) и железоникелевого сплава 50Н (неактивный металл), проанализированы экспериментальные результаты по кинетике сглаживания микровыступов (Ti) и сплава 50Н («Пермаллой») при финишной отделочной обработке искусственным монокристаллическим сапфиром в условиях термодеформационного воздействия. Рассмотрен механизм контактного взаимодействия атомов обрабатываемого металла и инструмента с позиций топохимических реакций, протекающих на поверхностях этих твёрдых тел.

Ключевые слова: выглаживание плоских поверхностей, активный металл, неактивный металл, кинетика сглаживания микровыступов, механизм контактного взаимодействия, топохимическая реакция.

Abstract. In this paper, an example of smoothing flat surfaces of titanium (Ti - active metal) and iron-nickel alloy 50N (inactive metal), analyzed the experimental data on the kinetics of smoothing microprojections (Ti), and the alloy 50N ("Permalloy") for finishing synthetic single crystal sapphire thermodeformation exposure conditions. The mechanism of contact interaction of atoms treated metal and tools from the point of topochemical reactions taking place on the surfaces of solids.

Keywords: smoothing of the planar surfaces, the active metal, inactive metal, kinetics smoothing microprojection, contact mechanism, topochemical reaction.

Одним из методов, обеспечивающих существенное повышение эксплуатационных характеристик деталей машин и приборов, является чистовая отделочная обработка синтетическими сверхтвердыми материалами (алмаз, корунд, боразон и др.) [1–3]. Выглаживание синтетическими сверхтвёрдыми материалами нашло широкое применение при обработке цветных металлов и сталей. Наряду с этим применение в машиностроении и приборостроении таких активных металлов, как титан, цирконий, тантал и ниобий, вызывает необходимость их чистовой отделочной обработки. В работах [1, 3 и др.] отмечено, что при чистовой отделочной обработке активных металлов силы адгезионного взаимодействия велики.

В связи с тем, что процесс чистовой отделочной обработки плоским сапфировым инструментом осуществляется в условиях одновременного воздействия давления и температуры [2], были проведены эксперименты по определению влияния температуры и давления на интенсивность сглаживания микровыступов Ti и 50Н при чистовой отделочной обработке их плоским сапфировым инструментом.

Экспериментальные исследования по кинетике сглаживания микро-выступов и фрактографии проводили по методике, изложенной в [3]. Глубина вакуума составляла $1 \cdot 10^{-3} – 1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.

Из анализа полученных данных (рис. 1а, б) следует, что изменение температуры, давления и характера их воздействия не оказывает значительного влияния на изменение скорости процесса сглаживания микровыступов титана, как это имеет место для сплава 50Н (рис. 1в, г) и других неактивных металлов [3], а на кинетических кривых можно отметить три основных участка: период активной деформации (период нагружения); этап неустановившейся ползучести с непрерывно уменьшающейся скоростью процесса. Интенсивность сглаживания микровыступов в эти моменты времени резко падает и становится постоянной на третьем этапе. Сопоставление полученных данных по кинетике сглаживания микровыступов титана с данными по сглаживанию микровыступов сплава 50Н и результатами работы [3] показывает, что, несмотря на одинаковый

уровень напряжений в контакте, «микровыступ – сапфир (температура, давление и высота микровыступов идентичны)», скорость процесса сглаживания микровыступов титана на этапе установившейся ползучести значительно меньше ($1 \cdot 10^{-8}$ - $1 \cdot 10^{-9}$ $с^{-1}$), чем для меди и сплава 50Н ($5 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-5}$ $с^{-1}$). Расчёт длительности полного сглаживания микровыступов титана, проведённый для параметров процесса: T=800–900°С, p = 5 МПа и 15 МПа, R_a = 2,5…1,25 мкм (∇6 – ∇7), без учёта сил химического взаимодействия в контакте и сил трения, показал, что для сглаживания микровыступов до шероховатости R_z = 0,2…0,1 мкм (∇12 – ∇13), необходима выдержка в несколько часов. Циклическое изменение давления на этапе установившейся ползучести не привело к значительному (заметному) ускорению процесса сглаживания микровыступов, в отличие от обработки неактивных металлов.

Сопоставление полученных результатов и профилографирования обрабатываемых поверхностей титана (рис. 2а, б), сапфира (рис. 2в) позволяет предположить, что затруднённость сглаживания микровыступов титана заключается в высокой химической активности титана в контакте с сапфиром. Это же явление замечается при шлифовании титановых сплавов, в том числе и алмазными кругами. Экспериментально установлено, что относительные значения площадей мостиков схватывания на сапфире, образовавшихся при контактировании, и суммы ответных контактных площадок на микровыступах титана совпадают. Образование прочных химических связей между поверхностным слоем атомов сапфира и титана прошло только на контактных площадках деформированных микровыступов титана. Длительная выдержка обрабатываемых поверхностей под давлением (p = 5 МПа и 15 МПа, T = 800-900 °С) не привела к заметному сглаживанию микровыступов и увеличению площади мостиков схватывания, несмотря на то, что объёмная деформация образцов титана достигла 30–50%.

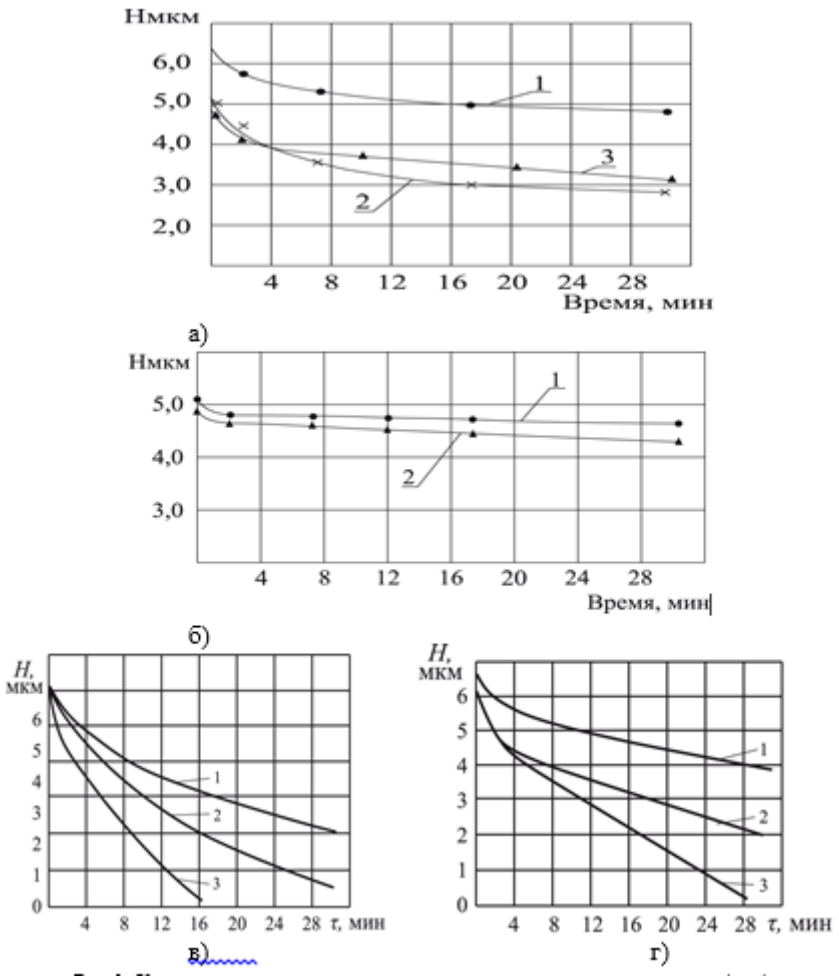


Рис.1. Кинетические кривые сглаживания микровыступов титана (а, б) и сплава 50Н (в, г)

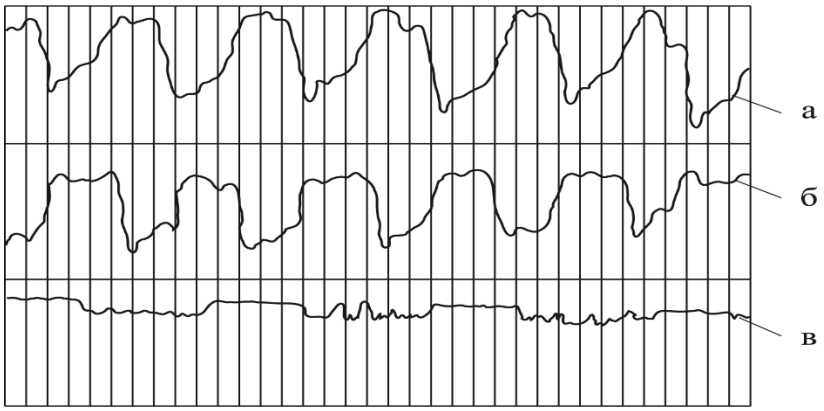


Рис.2. Характер профиллограмм микровыступов титана (а, б – ВУ-10000, ГУ-200) и сапфира (в – ВУ-20000, ГУ-200)