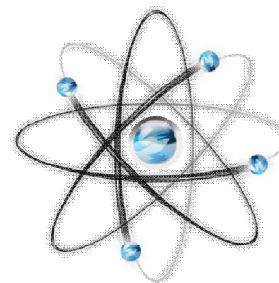


**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ
ISSN 2303-9868**

Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.
Главный редактор: Миллер А.В.
Адрес редакции: 620036, г. Екатеринбург, ул. Лиственная, д. 58.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org



**Meždunarodnyj
naučno-issledovatel'skij
žurnal**

**№10 (29) 2014
Часть 2**

Подписано в печать 08.11.2014.
Тираж 900 экз.
Заказ 20502
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО «Импекс».
620075, Екатеринбург, ул. Толмачева, д. 16, офис 12.

Сборник по результатам XXXII заочной научной конференции Research Journal of International Studies.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Полное или частичное воспроизведение или размножение, каким бы то ни было способом материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения авторов.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПН № ФС 77 – 51217.**

Члены редколлегии:

Филологические науки: Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

Технические науки: Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

Педагогические науки: Лежнева Н.В. д-р пед. наук, Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук.

Психологические науки: Мазилев В.А. д-р психол. наук, Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук.

Физико-математические науки: Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свикунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

Географические науки: Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огурева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

Биологические науки: Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

Архитектура: Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

Ветеринарные науки: Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

Медицинские науки: Медведев И.Н., д-р мед. наук, д.биол.н., проф., Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

Исторические науки: Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.исп.наук, к.экон.н.

Культурология: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Искусствоведение: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Философские науки: Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

Юридические науки: Грудцына Л.Ю., д-р юрид. наук, проф., Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Камышанский В.П., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

Сельскохозяйственные науки: Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

Социологические науки: Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

Химические науки: Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук.

Науки о Земле: Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

Экономические науки: Бурда А.Г., д-р экон. наук, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

Политические науки: Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

Фармацевтические науки: Тринеева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

Екатеринбург - 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING	4
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ВНЕПЛАНОВЫХ ВСПЛЕСКОВ ЗНАЧЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В УСЛОВИЯХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	4
ВЛИЯНИЕ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК НА УСТОЙЧИВОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ НИЗКОНАПОРНЫХ ПЛОТИН	5
РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МАГНЕЗИАЛЬНОЙ ГЛИНЫ С ИЗВЕШЬЮ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ	7
ЭКОЛОГИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАСТБИЩ	10
PROSPECTS OF COMPOSITE MATERIALS FOR GAS TURBINE ENGINE BLADES	13
ВЛИЯНИЕ ОТПУСКА НА СВОЙСТВА КАРБИДНОЙ ФАЗЫ В БЕЛОМ КОМПЛЕКСНО ЛЕГИРОВАННОМ ЧУГУНЕ.	14
СПОСОБЫ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ПРИ НЕСИММЕТРИИ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ	16
ПОТЕРИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕМЕНТАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С НЕСИММЕТРИЧНЫМИ НАГРУЗКАМИ	18
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ДВУХЛЕНТОЧНЫМ СОШНИКОМ	19
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАНОРАМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕБА ДЛЯ РАСЧЕТА ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ОБЛАЧНОСТИ	22
ТЕПЛООБМЕННИК ДЛЯ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА НА ФЕРМЕ	24
АНТИОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ЗАЩИТА ГРАФИТИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА	25
ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ АППРОКСИМАЦИЯ И ПРОБЛЕМЫ ТОЧНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	26
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ	28
ОБ АЛГОРИТМЕ ТАКСОНОМИИ В ЗАДАЧЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ	35
УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ТЕХНОЛОГИЕЙ ПОВЕРХНОСТНО- ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	37
ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА СТАЛЬ 09Г2С ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ.	38
ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ	40
МОТИВАЦИИ К БЕЗОПАСНОМУ ТРУДУ	41
ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРЫ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕДЕНИЕ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ	42
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ НЕСТАЦИОНАРНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	44
UNIFIED COMPUTING ENVIRONMENT FOR LOCAL NETWORK AND TECHNIQUES OF DEVELOPING	46
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ДЕРЕВА КРИТЕРИЕВ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗЛИЧИЙ	49
ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ (РХ) РЕСУРСАМИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (ВИЭ)	52
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ	57
ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ИМПОРТНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ	58
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГОРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	60
INVESTIGATION OF POSSIBLE ACCURACY INCREASING WHEN APPLYING DIFFRACTION CONTROL METHODS FOR OBJECTS POSITION	62
РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ДИСКОВОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ	67
ОПТИМАЛЬНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД КАТИОНООБМЕННЫМИ МЕМБРАНАМИ	70
ПОДСИСТЕМА ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ СОБЫТИЙНО-ДЕЙСТВЕННОЙ МОДЕЛИ	72
АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ В ЖИЛЫХ ОБЪЕКТАХ	76
НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ГЕНЕРАЦИИ ПОТОКОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СООБЩЕНИЙ ОТ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА МНОГОМЕРНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ.	78

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В КОНТРОЛЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	81
ИЗВЛЕЧЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ НАСЫЩЕННЫХ ПЕСКОВ	84
РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ВЫХЛОПНОГО ПАТРУБКА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ Т- 125/150-12,8 ЗАО «УТЗ»	87

Антонов Л.В.

Аспирант, Муромский институт Владимирского государственного университета
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ВНЕПЛАНОВЫХ ВСПЛЕСКОВ ЗНАЧЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК В УСЛОВИЯХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация

В статье рассматривается задача идентификации периодов внеплановых всплесков значений производственных характеристик животных молочного хозяйства. Решение данной задачи обеспечивается с помощью аппроксимации данных об активности животного с помощью метода наименьших квадратов и применения правила трех сигм к разности исходного временного ряда и ряда аппроксимации. Разработанный алгоритм получил экспериментальную оценку, представленную в работе.

Ключевые слова: автоматизация животноводческого предприятия, метод наименьших квадратов

Antonov L.V.

Postgraduate student, Murom Institute (branch) of Vladimir State University

DEVELOPMENT OF METHOD FOR MONITORING THE SUDDEN SURGE VALUES OF PRODUCTION
CHARACTERISTICS ON LIVESTOCK PRODUCTION

Abstract

Problem of identification periods of sudden surge values of production characteristics for dairy farming's animals is presented in the article. Solution of the problem is provided by data approximation of the activity animal and the application of the rules of three-sigma for the difference between of the original time series and approximation time series. The developed algorithm received experimental evaluation.

Keywords: automation of the livestock enterprise, the method of least squares

Введение

В последнее время стабилизация ситуации в отрасли автоматизации животноводства активизировала спрос на программные продукты, призванные обеспечить эффективное производство с минимальными денежными потерями и высоким уровнем качества продукции. Повсеместное внедрение автоматизированных систем управления животноводческими предприятиями дало возможность получить информацию с различных датчиков о состоянии животного. За мониторинг и подсчет общей активности животного ответственны электронные шагомеры, специальные ошейники, детекторы движений. Большинство из них предназначены для выявления беспокойства и резкого изменения поведения животных. Обнаружение и идентификации случаев резкого увеличения активности и беспокойства животного требует специального программного обеспечения, поставляемого в составе систем управления фермой (например, AlproWinDeLaval). Совместно с измерением ежедневной активности животного в автоматизированных системах часто используются такие параметры как: надой молока, температура молока, электропроводность, химический состав молока. Каждая узкопрофильная система использует перечисленные параметры согласно своему профилю работы на предприятии, но не существует единого метода, позволяющего контролировать все жизненные и производственные параметры животного одновременно. Таким образом, если система не способна отследить резкие перепады значений состояния животного, производственный процесс может быть нарушен [3].

Целью настоящей работы является разработка метода автоматического мониторинга отклонений производственных параметров; исследование алгоритма на реальных производственных данных об активности и его апробация для работы с данными других датчиков для своевременного выявления критических отклонений значений показателей жизнедеятельности в других производственных задачах.

Разработка математической модели

На рисунке 1 представлен временной ряд активности животного за один лактационный цикл. В рамках решения задачи выявления охоты этого животного на графике выделяются стабильный участок (А-В), а также период с резкими нехарактерными перепадами значений (В-С), который сигнализирует об изменении в поведении животного. Всплески этого периода должны идентифицироваться алгоритмом.

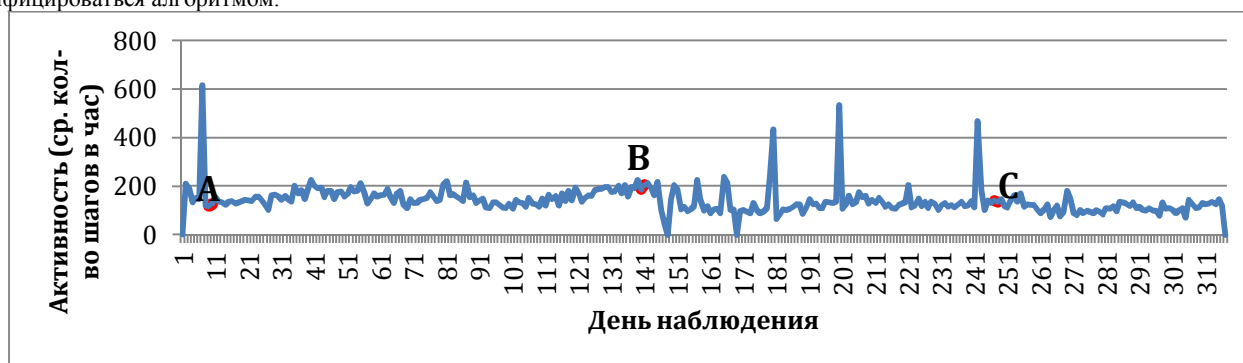


Рис. 1 - Временной ряд изменения показателя активности животного.

На стабильном участке график ряда значений ежедневной активности можно разложить на две составляющие: тренд и отклонение от тренда. Взаимодействие между собой регулярных составляющих может быть представлено как аддитивная комбинация:

$$Y(t) = T(t) + E(t), \quad (1)$$

где $Y(t)$ – значение активности в день измерения t ; $T(t)$ – тренд активности в этот день; $E(t)$ – отклонение от тренда.

Примем за x – текущий день наблюдения за особью. Пусть D – количество дней в ретроспективном периоде. В соответствии с математической моделью был разработан алгоритм поиска всплесков и провалов параметра животного, сигнализирующих о вероятных проблемах с ним в текущий момент времени. Он состоит из следующих этапов:

1. Используя метод наименьших квадратов, определяются коэффициенты k_x и b_x прямой линии – тренда изменения исследуемого параметра на ретроспективном промежутке $[x-D, x-1]$.
2. Рассчитываются значения функции $T(t) = k_x t + b_x$ на ретроспективном периоде $[x-D, x-1]$.
3. Из формулы (1) рассчитываются значения функции $E(t)$ на ретроспективном периоде.
4. Определяется ожидаемое прогнозное значение параметра для текущего дня $T(x)$.
5. Оценивается среднеквадратическое отклонение σ значений функции $E(t)$ на ретроспективном периоде.
6. Если $Y(x) - T(x) > 3\sigma$, то сигнализируется о всплеске значения параметра.
7. Если $T(x) - Y(x) > 3\sigma$, то сигнализируется о резком падении значения параметра.

Применение разработанного метода возможно, только если исходные данные подчинены нормальному закону распределения [2].

Результаты исследований

На рисунке 2 визуально показаны пороги, полученные разработанным адаптивным алгоритмом. Можно наблюдать, что за эти границы выходят только значения сильных всплесков и провалов, характерных для изменения состояния коров.

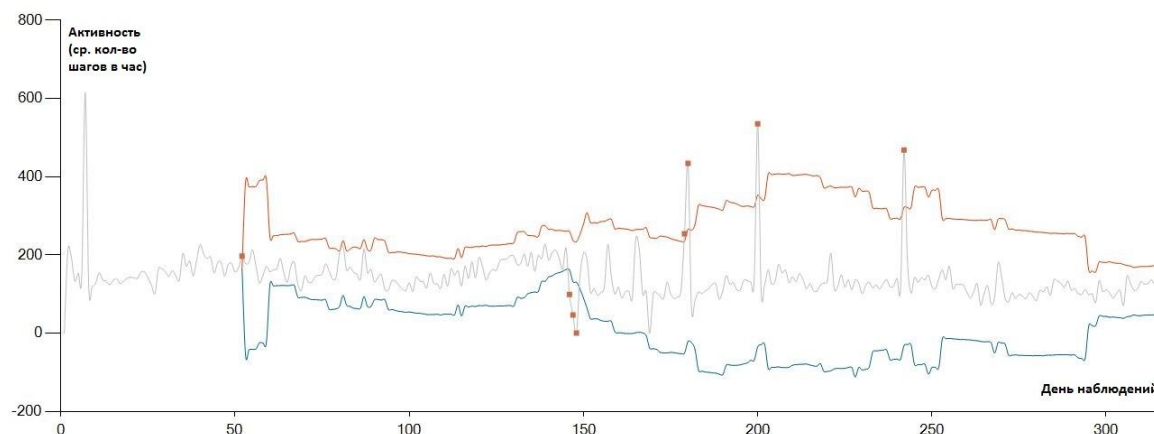


Рис. 2 – результаты работы алгоритма выявления отклонений значений ежедневной активности животного

В исследовании обрабатывались данные, полученные со 100 коров в течение приблизительно 330 дней с датчиков измерения пяти параметров. Объективные количественные результаты экспериментальных исследований алгоритма применительно к данным о ежедневной активности животного сведены в таблицу 1. Результаты работы алгоритма сопоставлены с выводами экспертов.

Таблица 1 - Сопоставление выявления отклонений алгоритмом по отношению к мнению эксперта

	Значения параметра, отнесенные экспертом к пикам и спадам	Значения параметра, отнесенные экспертом к стабильному участку
Значения параметра, отнесенные алгоритмом к пикам и спадам	922	71
Значения параметра, отнесенные алгоритмом к стабильному участку	50	33705

Выводы

В работе получен новый метод идентификации внеплановых всплесков значений параметров производственных данных животноводческого предприятия, основанный на применении правила трех сигм по отношению к разности исходного и аппроксимированного временных рядов. Результаты работы алгоритма по всем рассматриваемым критериям превосходят существующие. Процент ошибки определения периодов отклонения от нормы составляет менее одного, что в значительной степени ниже показателей систем-аналогов.

Литература

1. Орлов А.А., Антонов Л.В. Обзор и анализ современных информационных решений автоматизации животноводческих хозяйств // Современные проблемы науки и образования. – 2013. № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-10943> (дата обращения: 29.11.2013).
2. Антонов Л.В., Варламов А.Д. автоматизация процесса мониторинга животноводческого предприятия на основе исследования временных рядов параметров крупного рогатого скота // Современные проблемы науки и образования. - 2013. № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-10922> (дата обращения: 27.11.2013).

References

1. Orlov A.A., Antonov L.V. Obzor i analiz sovremennyh informacionnyh reshenij avtomatizacii zhivotnovodcheskih hozjajstv // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2013. № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-10943> (data obrashhenija: 29.11.2013).
2. Antonov L.V., Varlamov A.D. avtomatizacija processa monitoringa zhivotnovodcheskogo predpriyatija na osnove issledovanija vremennyh rjadov parametrov krupnogo rogatogo skota // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. - 2013. № 6; URL: <http://www.science-education.ru/113-10922> (data obrashhenija: 27.11.2013).

Варламова Т.В.¹, Гамаюнов В.П.²,

¹Кандидат технических наук, доцент, Саратовский государственный технический университет; ²кандидат технических наук, профессор, Саратовский государственный аграрный университет

ВЛИЯНИЕ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК НА УСТОЙЧИВОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ НИЗКОНАПОРНЫХ ПЛОТИН

Аннотация

Объектом исследования является переливная плотина Саратовского оросительно-обводнительного канала. В статье проанализировано действие ледовых нагрузок на гребень плотины. Выполнена проверка устойчивости железобетонного крепления гребня и парапетного ограждения. Установлены причины разрушения конструкций плотины при прохождении паводка.

Ключевые слова: переливная плотина, крепление гребня, ледовые нагрузки, устойчивость.

Varlamova TV¹, Gamayunov VP²

¹Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Saratov State Technical University; ²Candidate of Technical Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University

THE INFLUENCE OF ICE LOADS ON THE STABILITY OF STRUCTURES OF LOW HEAD DAMS

Abstract

The object of the study is the overflow dam of Saratov irrigation canal. The ice loads acting to the coping have been examined. The stability of pavement and parapet wall has been controlled. Reasons of pavement destruction due to flood have been ascertain.

Keywords: overflow dam, pavement, ice loads, stability.

Для улучшения транспортного обслуживания сельских населенных пунктов широко практикуется проложение автомобильных дорог IV-V технических категорий по гребням грунтовых плотин, возводимых для поддержания необходимого уровня воды и

регулирования стока малых рек. Техническая эксплуатация автомобильной дороги, проходящей по гребню грунтовой плотины, имеет характерные особенности. Деформации земляного полотна таких дорог обусловлены физико-химическими, механическими и реологическими свойствами грунтов тела плотины, их фильтрационной прочностью, а также наличием и характером работы водопропускных сооружений. Наличие в теле грунтовой плотины капитальных водосбросных сооружений большой пропускной способности значительно увеличивает стоимость и продолжительность строительства, а также усложняет эксплуатацию комплекса гидротехнических сооружений.

В настоящее время надежным, экономичным и технологичным решением стали переливные грунтовые плотины, позволяющие осуществлять пропуск основного паводкового расхода в нижний бьеф непосредственно через укрепленный гребень плотины [1]. После прохождения пика паводка гребень переливной плотины служит для проезда транспорта, являясь укрепленной проезжей частью автомобильной дороги. Безопасная эксплуатация дороги, проходящей по гребню переливной плотины, во многом определяется качеством защитного крепления откосов и гребня. При прохождении паводка элементы крепления подвергаются действию ледовых нагрузок и гидродинамическим воздействиям; в то же время грунт тела плотины частично переходит в водонасыщенное состояние при фильтрации воды через неплотности облицовки. Для обеспечения прочности и водонепроницаемости гребень и откосы плотины укрепляются, как правило, монолитным железобетоном. Однако несмотря на высокие прочностные показатели железобетонного крепления, совместное действие перечисленных нагрузок способно вызвать его разрушение, приводящее к размыву тела плотины и нарушению автомобильного движения.

Во время ледохода на реке Малый Узень весной 2010 года произошло частичное разрушение железобетонного крепления гребня, верхового и низового откосов и размыв тела переливной плотины Саратовского оросительно-обводнительного канала [2]. Прямые затраты от ущерба составили 8,96 млн. рублей [3].

Высота переливной плотины на реке Малый Узень составляет 6,95 м; проезжий гребень плотины имеет длину 60 м, ширину 4,5 м. Крепление гребня предусмотрено железобетонной плитой толщиной 0,4 м. Верховой и низовой откосы насыпи имеют одинаковое заложение 1:3 и укреплены монолитными железобетонными плитами. В нижнем бьефе водотока имеется железобетонная водобойная плита шириной 30 м, имеющая переменную толщину от 0,6 до 0,15 м, выполненная по щебеночной подготовке толщиной 0,15 м. Плотина оборудована водовыпускным сооружением с пропускной способностью $Q = 5 \text{ м}^3/\text{с}$.

При проведенной ранее реконструкции на переливной части гребня плотины вдоль бровки со стороны верхнего бьефа была устроена не предусмотренная первоначальным проектом железобетонная парапетная стенка высотой 0,3 м, предназначенная для защиты проезжей части от воды при ветровом нагоне.

В период ледохода на элементы гидротехнических сооружений действуют ледовые нагрузки, предусмотренные СП 38.13330.2012 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения» [4]. Согласно данным ОАО ВНИИ гидротехники им. Б.Е. Веденеева [5], толщина льда на р. Малый Узень может достигать 90 см, часто случаются заторы льда. По сообщениям саратовского гидрометцентра, в 2010 году толщина льда на малых реках области к периоду ледохода достигала 83 см. Таким образом, во время ледохода в 2010 году на вновь возведенный парапет действовали интенсивные горизонтальные нагрузки от движущихся ледяных полей.

Согласно [4], горизонтальная нагрузка от воздействия ледяного поля на секцию парапета составляет:

$$F_{c,w} = 0,07v \cdot h_d (A \cdot k_v \cdot R_c)^{1/2} = 0,07 \cdot 0,9 \cdot 0,8 (30^2 \cdot 0,5 \cdot 3,2)^{1/2} = 1,91 \text{ МН}, \quad (1)$$

где v - скорость движения ледяного поля, принятая равной 3% от скорости ветра 1% обеспеченности, м/с; h_d - толщина льда, принятая равной 0,8 м; A - максимальная площадь ледяного поля, м^2 ; k_v - коэффициент, составляющий 0,5 при $\varepsilon = v/4b = 0,9/4 \cdot 30 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; b - ширина секции парапета, равная 30 м; R_c - предел прочности льда при сжатии, равный 3,2 МПа.

Нормативная нагрузка $F_{c,w}$, вычисленная по формуле (1), не превышает максимальной горизонтальной силы воздействия ледяного поля на опору с передней гранью в виде прямоугольника [4]:

$$F_{b,p} = m \cdot k_b \cdot k_v \cdot R_c \cdot h_d = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 3,2 \cdot 0,8 = 1,92 \text{ МН}, \quad (2)$$

здесь m , k_b , k_v - коэффициенты, для опоры с передней гранью в виде прямоугольника при отношении $b/h_d = 30/0,8 = 37,5$ принимается $m = 1$, $k = 0,4$, $k_b = 1,5$.

Согласно нормам проектирования [4], точку приложения равнодействующей горизонтальной силы от ледовой нагрузки в период ледохода следует принимать на величину $0,4h_d$, т.е. на 0,32 м ниже расчетного уровня воды. При высоте парапета $h = 0,3$ м и толщине льда $h_d = 0,8$ м равнодействующая горизонтальной силы оказывается приложена посередине высоты парапета. Таким образом, плечо приложения горизонтальной силы составляет $x = 0,15$ м; при этом момент силы F_d составит:

$$M_{F_d} = F_d \cdot x = 1,92 \cdot 0,15 = 0,285 \text{ МНм}. \quad (3)$$

В то же время парапет, возведенный при реконструкции плотины, со стороны верхнего бьефа имел вертикальную стенку, сопряженную с верховым откосом плотины, имеющим заложение 1:3. При таком конструктивном решении дальнейшее движение ледяного поля сопровождается его надвижкой на наклонный верховой откос плотины, деформацией льда в вертикальном направлении и движением вверх до верхней кромки парапета. При этом на парапетную стенку действует дополнительная нагрузка от силы трения, направленная вверх:

$$F_{тр} = f \cdot F_d = 0,11 \cdot 1,92 = 0,21 \text{ МН}, \quad (4)$$

где f - коэффициент трения льда по бетону.

Момент силы трения относительно противоположной парапету кромки проезжей части при ширине гребня $b_{гр} = 4,5$ м составляет:

$$M_{F_{тр}} = F_{тр} \cdot b_{гр} = 0,21 \cdot 4,5 = 0,95 \text{ МНм}. \quad (5)$$

Величина момента $M_{F_{тр}}$ силы трения, действующей на конструкцию снизу вверх при надвижке льда на откос, значительно превышает предусмотренный нормами проектирования [4] момент M_{F_d} горизонтальной силы от воздействия ледяного поля.

При действии на парапет, жестко сопряженный с железобетонным покрытием гребня, моментов $M_{F_{тр}}$ и M_{F_d} , возможна потеря устойчивости конструкций в результате опрокидывания относительно противоположной кромки гребня.

Усилением, удерживающим парапетную стенку и покрытие гребня от опрокидывания, служит момент сил тяжести парапета и покрытия. При реальных размерах конструкций сила тяжести, действующая на парапет, составляет приблизительно $G_{пар} = 0,003$ МН, на покрытие $G_{пок} = 0,045$ МН; в этом случае удерживающий момент равен:

$$M_{уд} = G_{пар} \cdot x_{пар} + G_{пок} \cdot x_{пок} = 0,003 \cdot 4,3 + 0,045 \cdot 2,25 = 0,114 \text{ МНм}, \quad (6)$$

где $G_{пар}$ - сила тяжести, действующая на парапет, МН; $x_{пар}$ - расстояние от продольной оси парапета до противоположной кромки проезжей части, м; $G_{пок}$ - сила тяжести, действующая на покрытие гребня, МН; $x_{пок}$ - расстояние от оси гребня до кромки гребня плотины, м.

Выполненные расчеты показывают, что в результате устройства вертикального парапета опрокидывающий момент от воздействия движущегося ледяного поля $M_{F_d} = 0,285$ МНм и от вертикальной нагрузки при надвижке льда на откос $M_{F_{тр}} = 0,95$ МНм значительно превышают удерживающий момент $M_{уд} = 0,114$ МНм, т.е. устойчивость конструкций покрытия с парапетной стенкой против опрокидывания не обеспечена.

Таким образом, не предусмотренное проектом изменение конструкции проезжей части гребня, вероятно, привело к потере устойчивости железобетонной плиты покрытия в результате действия ледовых нагрузок и к проникновению воды под облицовку

плотины, а гидродинамические воздействия при прохождении паводка вызвали механическую суффозию грунта и дальнейшее разрушение железобетонного крепления откосов и покрытия гребня плотины.

Для обеспечения устойчивости конструкций гребня переливной плотины рекомендовано восстановление первоначального плавного поперечного профиля плотины с соблюдением заложения откосов не менее 1:3 и креплением откосов и гребня монолитными железобетонными плитами [7].

Литература

1. Бальзанников, М.И. Совершенствование конструкций низконапорных грунтовых переливных плотин. / М.И. Бальзанников, С.А. Пиявский, М.В. Родионов. Известия вузов. Строительство. Научно-теоретический журнал. – Новосибирск, НГАСУ. – 2012. – № 5. – с. 52-59.
2. Варламова, Т.В. К вопросу устойчивости грунтовых плотин при действии ледовых нагрузок. / Варламова Т.В., Гамаюнов В.П., Есин А.И., Голик К.С. // Аграрная наука XXI века: проблемы и перспективы: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции / Под редакцией И.Л. Воротникова. – Саратов, 2014. – с. 96-98.
3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 3 июня 2011 г. № 278 “Об утверждении Годового отчета о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2010 году”.
4. СП 38.13330.2012. Свод правил. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов): Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. / Утв. приказом Минрегион России от 29.12.2011. Дата введ. 01.01.2013. – М., 2012.
5. Разработка проекта правил использования Малоузенского водохранилища. Этап 4 «Разработка проекта ПИВР» / Пояснительная записка к проекту правил использования водных ресурсов // ОАО ВНИИ гидротехники им. Б.Е. Веденеева. – Санкт-Петербург, 2013 г.
6. Гамаюнов, В.П. К вопросу повышения эксплуатационной надежности зданий на просадочных грунтах. / В.П. Гамаюнов, Т.В. Варламова // Международный научно-исследовательский журнал ISSN 2227–6017. – 2014. – № 2(21), часть 1. – с. 85-87.
7. Гамаюнов, В.П. Повышение надежности железобетонных конструкций азотенков. / В.П. Гамаюнов, А.И. Есин, Т.В. Варламова, Т.И. Болуто // Научное обозрение. – 2014. – № 3. – с. 86-89.

References

1. Bal'zannikov, M.I. Sovershenstvovanie konstrukcij nizkonapornyh gruntovyh perelivnyh plotin. / M.I. Bal'zannikov, S.A. Pijavskij, M.V. Rodionov. Izvestija vuzov. Stroitel'stvo. Nauchno-teoreticheskij zhurnal. – Novosibirsk, NGASU. – 2012. – № 5. – s. 52-59.
2. Varlamova, T.V. K voprosu ustojchivosti gruntovyh plotin pri dejstvii ledovyh nagruzok. / Varlamova T.V., Gamajunov V.P., Esin A.I., Golik K.S. // Agrarnaja nauka XXI veke: problemy i perspektivy: Materialy VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Pod redakciej I.L. Vorotnikova. – Saratov, 2014. – s. 96-98.
3. Prikaz Federal'noj sluzhby po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 3 ijunya 2011 g. № 278 “Ob utverzhdenii Godovogo otcheta o dejatel'nosti Federal'noj sluzhby po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2010 godu”.
4. SP 38.13330.2012. Svod pravil. Nagruzki i vozdejstviya na gidrotehnicheskie sooruzhenija (volnovye, ledovye i ot sudov): Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.06.04-82* / Utv. prikazom Minregion Rossii ot 29.12.2011. Data vved. 01.01.2013. – M., 2012.
5. Razrabotka proekta pravil ispol'zovaniya Malouzenskogo vodohranilishha. Jetap 4 «Razrabotka proekta PIVR» / Pojasnitel'naja zapiska k proektu pravil ispol'zovaniya vodnyh resursov // ОАО ВНИИ гидротехники им. Б.Е. Веденеева. – Sankt-Peterburg, 2013 g.
6. Gamajunov, V.P. K voprosu povysheniya jekspluatacionnoj nadezhnosti zdaniy na prosadochnyh gruntah. / V.P. Gamajunov, T.V. Varlamova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal ISSN 2227–6017. – 2014. – № 2(21), chast' 1. – s. 85-87.
7. Gamajunov, V.P. Povyshenie nadezhnosti zhelezobetonnyh konstrukcij ajerotenkov. / V.P. Gamajunov, A.I. Esin, T.V. Varlamova, T.I. Boluto // Nauchnoe obozrenie. – 2014. – № 3. – s. 86-89.

Володченко А.Н.

Доцент, кандидат технических наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МАГНЕЗИАЛЬНОЙ ГЛИНЫ С ИЗВЕШЬЮ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация

Установлено, что магнезиальные глины можно использовать в качестве сырья для производства автоклавных силикатных материалов.

Ключевые слова: магнезиальная глина, известь, автоклавная обработка, силикатные материалы.

Volodchenko A.N.

Associate Professor, PhD of Technical Sciences, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

REACTIVITY MAGNESIAN CLAYS WITH LIME IN HYDROTHERMAL CONDITIONS

Abstract

It was established that the magnesium clays can be used as raw material for the production of autoclave silicate materials.

Keywords: magnesia clay, lime, autoclave processing, silicate materials

Для производства автоклавных силикатных материалов, являющиеся наиболее распространенными стеновыми материалами, используют известково-кремнеземистое вяжущее. Кроме кварцевого песка в качестве кремнеземистого компонента можно использовать некоторые промышленные отходы. Большую перспективу в этом плане имеют рыхлые вскрышные породы горнодобывающей промышленности, в частности, песчано-глинистые породы. Такие породы, отвечающие нормативным требованиям можно использовать для производства керамических материалов, а также для получения металлокомпозитов [1–20]. Породы, не отвечающие таким требованиям, которые в огромных количествах извлекаются при добыче полезных ископаемых, можно использовать в качестве сырья для производства силикатных материалов гидротермального твердения [21–34].

В Архангельской алмазonoной провинции в зону горных работ в больших количествах попадают магнезиальные глины, содержащие преимущественно сапонит. В составе данных пород содержатся также другие глинистые минералы, тонкодисперсный кварц и кальцит. Породы подобного состава можно использовать для получения автоклавных силикатных материалов.

Цель данной работы – изучение синтеза новообразований на основе магнезиальных глин и извести при гидротермальной обработке.

Содержание извести в сырьевой смеси на основе изучаемой породы составляло 10–40 мас. %. Образцы готовили методом полусухого прессования. Автоклавную обработку проводили при давлении пара 1 МПа по режиму 1,5+6+1,5 ч.

Установлено, что при взаимодействии магнезиальной глины и извести наиболее активно реагирует сапонит. При этом образуются низкоосновные гидросиликаты кальция CSH(B) и глиноземистый тоберморит. Возможен также синтез рентгеноаморфных гидросиликатов магния.

Методом рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии показано, что с увеличением содержания в сырьевой смеси извести в цементирующем соединении повышается содержание карбоната кальция и магния (усиление интенсивности полос поглощения 857 и 1475 см⁻¹ на ИК-спектрах и рефлекса 2,917 Å на рентгенограмме). На ИК-спектрах наиболее интенсивные полосы поглощений аниона CO₃²⁻ (1500–1450, 878–857 см⁻¹) и SiO₄⁴⁻ (1100–950, 550–370 см⁻¹) наблюдаются в запаренных образцах, содержащих 20

мас. % извести. Такая сырьевая смесь обеспечивает оптимальный состав цементирующего соединения и, соответственно, максимальную прочность образцов.

При невысоких температурах и непродолжительных режимах гидротермальной обработки в системе $\text{MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ синтезируются аморфные гидросиликаты магния. Для образования серпентина необходимы высокие температуры гидротермальной обработки. В нашем эксперименте в системе $\text{MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ при давлении автоклавирования 1,0 МПа и изотермической выдержке 6 ч термографическим анализом по экзотермическому эффекту при 820 °С также обнаружены аморфные гидросиликаты магния (рис. 1, а).

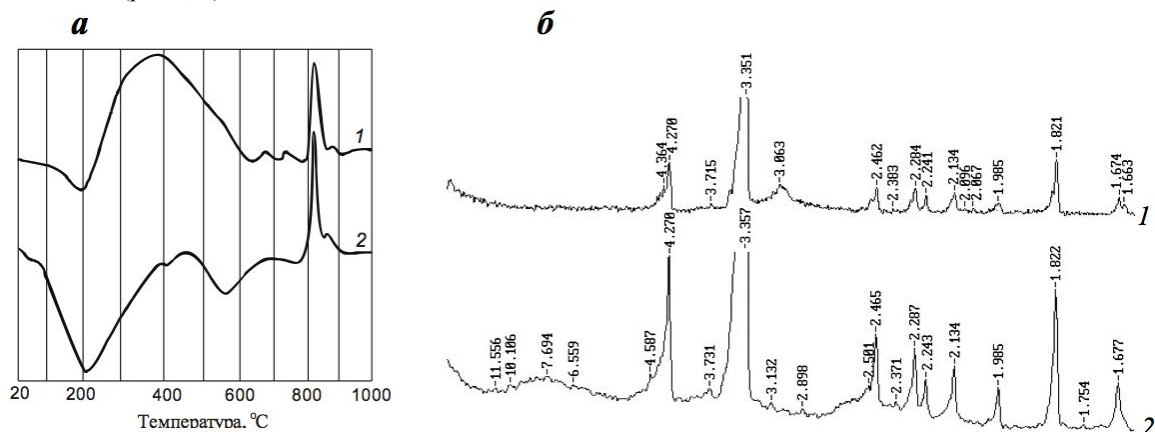


Рис. 1 – Термограммы (а), рентгенограммы (б) продуктов взаимодействия SiO_2 с Ca(OH)_2 (1) и SiO_2 с Mg(OH)_2 (2)

Изучение в тех же условиях системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$, показало, что образующиеся гидросиликаты кальция CSH(V) определяются как термографическим (экзотермический эффект при 820 °С), так и рентгенофазовым (3,06 Å) (см. рис. 1, а, б) анализами. При этом взаимодействие SiO_2 с Ca(OH)_2 происходит в большей степени, чем с Mg(OH)_2 . Это зафиксировано по относительно меньшей величине аналитических линий свободного кварца на рентгенограмме в продуктах взаимодействия с Ca(OH)_2 (серия рефлексов 3,35; 4,26; 1,82 Å) и по присутствию не вступившего в реакцию Mg(OH)_2 (эндотермический эффект при 410 °С на ДТА).

Гидросиликаты магния, синтезированные при низких температурах, не идентифицируются рентгенофазовым анализом. Для этого необходимо использовать дифференциально-термический анализ, причем необходимо учитывать, что экзотермические эффекты гидросиликатов магния и кальция при 820 °С совпадают.

Таким образом, магнезиальные глины можно использовать в качестве сырья для производства автоклавных силикатных материалов. При взаимодействии магнезиальной глины с известью образуется оптимальный состав цементирующего соединения, обеспечивающий высокие прочностные показатели силикатных материалов.

Литература

1. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Конструкционная металлокерамика - один из перспективных материалов современной техники // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2005. – № 9. – С. 111-114.
2. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. The effect of metal filler on structure formation of composite materials // Glass and Ceramics. – 2005. – Т. 62. – № 9-10. – С. 319-320.
3. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. Production of metal composite materials // Glass and Ceramics. – 2006. – Т. 63. – № 1-2. – С. 68-69.
4. Klyuchnikova N.V. Interaction between components at metal composites production // European Journal of Natural History. – 2007. – № 6. – С. 110-111.
5. Ключникова Н.В. Влияние пористости на свойства керамометаллических композитов // Сборник научных трудов SWorld. – 2012. – Т. 6. – № 3. – С. 41-45.
6. Ключникова Н.В. Принципы создания керамометаллического композита на основе глин и металлического алюминия // Естественные и технические науки. – 2012. – № 2. – С. 450-452.
7. Ключникова Н.В. Термомеханическое совмещение компонентов при создании керамометаллических композитов // Сборник научных трудов SWorld. – 2012. – Т. 6. – № 2. – С. 65-69.
8. Ключникова Н.В. Принципы создания керамометаллического композита на основе глин и металлического алюминия // Естественные и технические науки. – 2012. – № 2. – С. 450-452.
9. Ключникова Н.В. Выбор компонентов как важное условие создания композитов с заданными свойствами // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 16-21.
10. Klyuchnikova N.V. Ceramic composites properties control using metal filler // Наука и общество. – 2013. – Т. 1. – С. 111-115.
11. Ключникова Н.В. Исследование физико-механических свойств керамометаллического композита // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 7. – № 1. – С. 10-15.
12. Ключникова Н.В. Влияние металлического компонента на свойства керамометаллических композитов // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 39. – № 2. – С. 54-60.
13. Ключникова Н.В. Рентгенофазовый анализ композиционных материалов на основе глин // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 7. – № 1. – С. 3-10.
14. Ключникова Н.В. Эксплуатационные характеристики строительных композиционных материалов // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 50. – № 3. – С. 3-8.
15. Klyuchnikova, N.V. Modification of components used for making a metal-ceramic composite // Последние тенденции в области науки и технологий управления. – 2013. – Т. 1. – С. 192-197.
16. Ключникова Н.В. Эксплуатационные характеристики строительных композиционных материалов // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 50. – № 3. – С. 3-8.
17. Ключникова, Н.В. Композиционные системы с металлическими компонентами // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Т. 19. – № 1. – С. 12-18.
18. Ключникова Н.В. Адаптация поверхности глинистого компонента к металлической составляющей // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Т. 36. – № 1. – С. 24-31.
19. Ключникова Н.В. Композиционные системы с металлическими компонентами // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Т. 19. – № 1. – С. 12-18.
20. Ключникова Н.В. Особенности создания композиционных материалов с использованием разнородных компонентов // Актуальные вопросы современной науки. – 2014. – № 34. – С. 168-176.

21. Лесовик В.С., Вишневецкая Я.Ю., Алфимова Н.И., Савин А.В. Влияние гидротермальной обработки и давления на структурообразование композиционных вяжущих // Технологии бетонов. – 2013. – № 10 (87). – С. 38-39.
22. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6-3. – С. 525-529.
23. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 2. – С. 56-59.
24. Володченко А.А. Влияние режима гидротермальной обработки на свойства силикатных материалов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6-6. – С. 1333-1337.
25. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние глинистого сырья на микроструктуру безавтоклавных силикатных материалов // Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 30. – № 3. – С. 42-44.
26. Алфимова Н.И., Черкасов В.С. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 3. – С. 21-24.
27. Володченко А.А. Свойства безавтоклавных стеновых материалов на основе песчано-глинистых пород // Технические науки - от теории к практике. – 2013. – № 17-2. – С. 7-12.
28. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Повышение эксплуатационных характеристик стеновых материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 3. – С. 29-34.
29. Володченко А.Н. Автоклавные силикатные материалы на основе отходов горнодобывающей промышленности // Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 47. – № 4. – С. 29-32.
30. Володченко А.Н. Нетрадиционное сырье для автоклавных силикатных материалов // Технические науки - от теории к практике. – 2013. – № 20. – С. 82-88.
31. Володченко А.Н. Влияние глинистых минералов на свойства автоклавных силикатных материалов // Инновации в науке. – 2013. – № 21. – С. 23-28.
32. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на пластичность газобетонной массы // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 7-10. 16
33. Володченко А.Н. Магнезиальные глины – сырье для производства автоклавных ячеистых бетонов // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 3-7.
34. Володченко А.Н. Влияние состава сырья на пластическую прочность газобетонной смеси // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 39. – № 2. – С. 45-49.

References

1. Kljuchnikova N.V., Lymar' E.A. Konstrukcionnaja metallokeramika - odin iz perspektivnyh materialov sovremennoj tehniki // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2005. – № 9. – С. 111-114.
2. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. The effect of metal filler on structure formation of composite materials // Glass and Ceramics. – 2005. – Т. 62. – № 9-10. – С. 319-320.
3. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. Production of metal composite materials // Glass and Ceramics. – 2006. – Т. 63. – № 1-2. – С. 68-69.
4. Klyuchnikova N.V. Interaction between components at metal composites production // European Journal of Natural History. – 2007. – № 6. – С. 110-111.
5. Kljuchnikova N.V. Vlijanie poristosti na svojstva keramometallicheskih kompozitov // Sbornik nauchnyh trudov Sworld. – 2012. – Т. 6. – № 3. – С. 41-45.
6. Kljuchnikova N.V. Principy sozdaniya keramometallicheskogo kompozita na osnove glin i metallicheskogo aljuminija // Estestvennye i tehnicheckie nauki. – 2012. – № 2. – С. 450-452.
7. Kljuchnikova N.V. Termomechanicheskoe sovmeshhenie komponentov pri sozdanii keramometallicheskih kompozitov // Sbornik nauchnyh trudov Sworld. – 2012. – Т. 6. – № 2. – С. 65-69.
8. Kljuchnikova N.V. Principy sozdaniya keramometallicheskogo kompozita na osnove glin i metallicheskogo aljuminija // Estestvennye i tehnicheckie nauki. – 2012. – № 2. – С. 450-452.
9. Kljuchnikova N.V. Vybory komponentov kak vazhnoe uslovie sozdaniya kompozitov s zadannymi svojstvami // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 16-21.
10. Klyuchnikova N.V. Ceramic composites properties control using metal filler // Nauka i obshchestvo. – 2013. – Т. 1. – С. 111-115.
11. Kljuchnikova N.V. Issledovanie fiziko-mechanicheskikh svojstv keramometallicheskogo kompozita // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. – 2013. – Т. 7. – № 1. – С. 10-15.
12. Kljuchnikova N.V. Vlijanie metallicheskogo komponenta na svojstva keramometallicheskih kompozitov // Sbornik nauchnyh trudov Sworld. – 2013. – Т. 39. – № 2. – С. 54-60.
13. Kljuchnikova N.V. Rentgenofazovyj analiz kompozicionnyh materialov na osnove glin // Sbornik nauchnyh trudov Sworld. – 2013. – Т. 7. – № 1. – С. 3-10.
14. Kljuchnikova N.V. Jekspluatacionnye harakteristiki stroitel'nyh kompozicionnyh materialov // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. – 2013. – Т. 50. – № 3. – С. 3-8.
15. Klyuchnikova, N.V. Modification of components used for making a metal-ceramic composite // Poslednie tendencii v oblasti nauki i tehnologii upravlenija. – 2013. – Т. 1. – С. 192-197.
16. Kljuchnikova N.V. Jekspluatacionnye harakteristiki stroitel'nyh kompozicionnyh materialov // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. – 2013. – Т. 50. – № 3. – С. 3-8.
17. Kljuchnikova, N.V. Kompozicionnye sistemy s metallicheskim komponentami // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. – 2014. – Т. 19. – № 1. – С. 12-18.
18. Kljuchnikova N.V. Adaptacija poverhnosti glinistogo komponenta k metallicheskoj sostavljajushhej // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. – 2014. – Т. 36. – № 1. – С. 24-31.
19. Kljuchnikova N.V. Kompozicionnye sistemy s metallichekim komponentami // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. – 2014. – Т. 19. – № 1. – С. 12-18.
20. Kljuchnikova N.V. Osobennosti sozdaniya kompozicionnyh materialov s ispol'zovaniem raznorodnyh komponentov // Aktual'nye voprosy sovremennoj nauki. – 2014. – № 34. – С. 168-176.
21. Lesovik V.S., Vishnevskaja Ja.Ju., Alfimova N.I., Savin A.V. Vlijanie gidrotermal'noj obrabotki i davlenija na strukturoobrazovanie kompozicionnyh vjashushhih // Tehnologii betonov. – 2013. – № 10 (87). – С. 38-39.
22. Alfimova N.I., Shapovalov N.N. Materialy avtoklavnogo tverdenija s ispol'zovaniem tehnogenno aljmosilikatnogo syr'ja // Fundamental'nye issledovaniya. – 2013. – № 6-3. – С. 525-529.
23. Alfimova N.I. Povyshenie jeffektivnosti stenovyh kamnej za schet ispol'zovaniya tehnogenno syr'ja // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2011. – № 2. – С. 56-59.
24. Volodchenko A.A. Vlijanie rezhima gidrotermal'noj obrabotki na svojstva silikatnyh materialov // Fundamental'nye issledovaniya. – 2013. – № 6-6. – С. 1333-1337.

25. Lesovik V.S., Volodchenko A.A. Vliyanie glinistogo syr'ya na mikrostrukturu bezavtoklavnykh silikatnykh materialov // Sbornik nauchnykh trudov Sworld. – 2012. – T. 30. – № 3. – S. 42-44.
26. Alfimova N.I., Cherkasov V.S. Perspektivy ispol'zovaniya othodov proizvodstva keramzita v stroitel'nom materialovedenii // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2010. – № 3. – S. 21-24.
27. Volodchenko A.A. Svoystva bezavtoklavnykh stenovykh materialov na osnove peschano-glinistykh porod // Tehnicheskie nauki - ot teorii k praktike. – 2013. – № 17-2. – S. 7-12.
28. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Chhin S. Povyshenie jekspluatacionnykh harakteristik stenovykh materialov // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2014. – № 3. – S. 29-34.
29. Volodchenko A.N. Avtoklavnye silikatnye materialy na osnove othodov gornodobyvajushhej promyshlennosti // Sbornik nauchnykh trudov Sworld. – 2012. – T. 47. – № 4. – S. 29-32.
30. Volodchenko A.N. Netradicionnoe syr'e dlja avtoklavnykh silikatnykh materialov // Tehnicheskie nauki - ot teorii k praktike. – 2013. – № 20. – S. 82-88.
31. Volodchenko A.N. Vliyanie glinistykh mineralov na svoystva avtoklavnykh silikatnykh materialov // Innovacii v nauke. – 2013. – № 21. – S. 23-28.
32. Volodchenko A.N. Vliyanie peschano-glinitykh porod na plastichnost' gazobetonnoj massy // Sbornik nauchnykh trudov Sworld. – 2013. – T. 43. – № 1. – S. 7-10.
33. Volodchenko A.N. Magnezial'nye gliny – syr'e dlja proizvodstva avtoklavnykh jacheistykh betonov // Sbornik nauchnykh trudov Sworld. – 2013. – T. 43. – № 1. – S. 3-7.
34. Volodchenko A.N. Vliyanie sostava syr'ja na plasticheskuju prochnost' gazobetonnoj smesi // Sbornik nauchnykh trudov Sworld. – 2013. – T. 39. – № 2. – S. 45-49.

Шилин В.А., Герасимова О.А.

Кандидаты технических наук, Великолукская государственная сельскохозяйственная академия
ЭКОЛОГИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАСТБИЩ

Аннотация

В данной статье внимание уделяется возможному использованию альтернативных источников и новых направлений в технологии производства продукции животноводства на пастбищных комплексах в виде систем и подсистем. При этом принимается значимость экологических факторов как влияющих на качество продукции и состояние окружающей среды.

Ключевые слова: экологичная продуктивность, пастбищный комплекс, альтернативные источники, энергетическая подсистема.

Shilin V.A., Gerasimov O.A.

candidates of technical Sciences, Velikie Luki state agricultural Academy
GREEN PASTURE PRODUCTIVITY

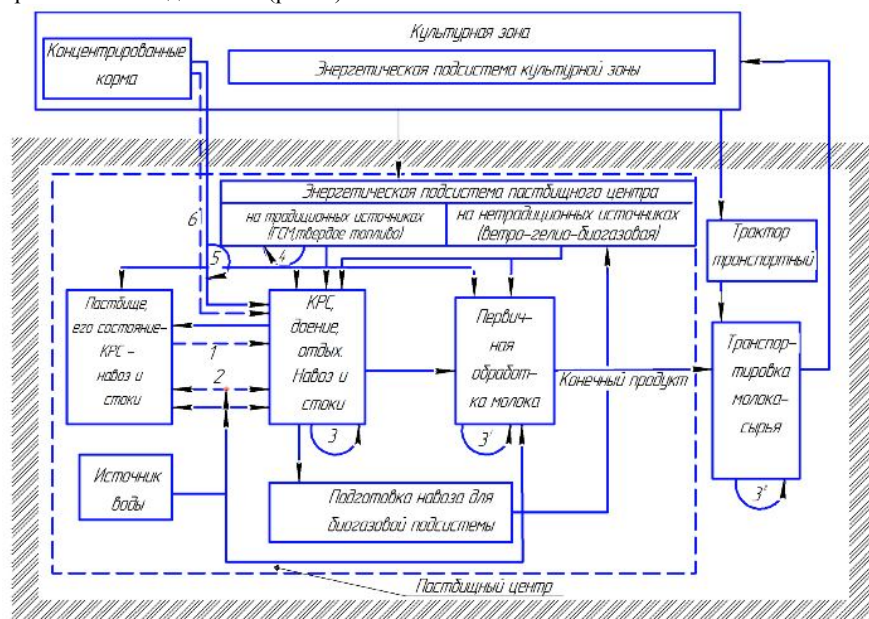
Abstract

In this article attention is paid to the possible use of alternative sources and new trends in the technology of livestock production in grassland complexes in the form of systems and subsystems. Taking the importance of environmental factors as influencing product quality and the environment.

Keywords: sustainable productivity, pasture complex, alternative sources of energy subsystem.

Каждое производство, а сельскохозяйственное, как связанное с непосредственным созданием продуктов питания, в первую очередь, должно проверяться на соответствие требованиям экологической безопасности. В теоретическом плане для культурной зоны эти вопросы достаточно подробно изложены в работе [1]. Рассмотрим их применительно к условиям пастбищного животноводства.

В настоящей работе уделяется внимание возможному использованию альтернативных источников [2] и новых направлений в технологии производства продукции животноводства в виде систем и подсистем. При этом учитывается значимость экологических факторов как влияющих на качество продукции и состояние окружающей среды. В свою очередь уровень влияния возможно установить при учете затрат энергии на восстановление утрачиваемых в процессе производства показателей [3,4]. Особого рассмотрения требует энергетическая подсистема (рис. 1).



1,2 – перемещения животных и их последствия; 3,4 – возможные отрицательные последствия экологического свойства;
5,6 – доставка корма и отрицательные последствия в виде возможных загрязнений, возникающие на объекте; 1, 2 – загрязнения, возникающие на объекте

Рис. 1 – Энергетическая подсистема пастбищного центра

Однако вместе с поставляемыми на пастбище материальными и энергетическими ресурсами перемещаются и экологические загрязнения, как факторы экологического возмущения. Некоторые из факторов не поддаются, или поддаются при больших затратах, ограничению со стороны человека.

Нельзя исключить и влияние микрофлоры. Её содержание в воздухе в некоторой степени произойдет при использовании солнцезащитного устройства [5].

Сильнейшим источником биологического и экологического загрязнения в условиях пастбищного животноводства являются его отходы и условия их хранения.

Перемещаемые нежелательные примеси – экологические загрязнения или факторы экологического возмущения, подразделяются на влияющие на продукцию и влияющие на окружающую среду. К примеру, (рис.1) производство теплоносителя и электрической энергии связано с использованием твердого и жидкого топлива, которое сопровождается выбросом в окружающую среду продуктов горения и «потреблением» кислорода воздуха, что изменяет в худшую сторону экологическую ситуацию пастбищной зоны.

На рисунке 2 показаны источники экологического загрязнения на пастбищном комплексе.

При влиянии на качество продукции – целесообразен учет затрат энергии на восстановление утраченных показателей.

Значительный результат по рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов на энергоемких сельскохозяйственных процессах можно получить на основе автономного энергообеспечения и интеграции газопоршневых двигателей с процессами и аппаратами технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции, получения для них топлива путем переработки отходов производства на биогаз.

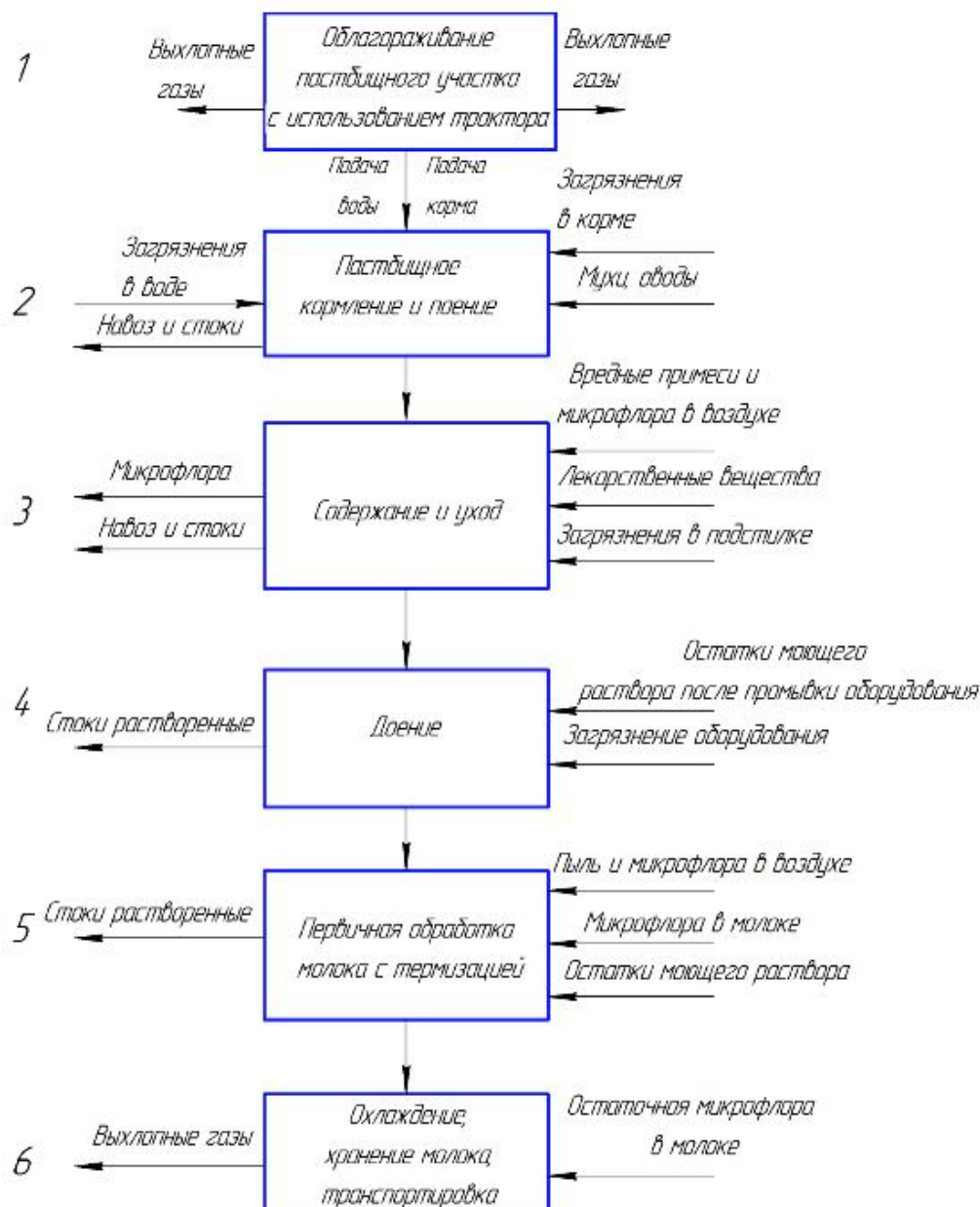


Рис. 2 – Схема действия экологических возмущений при пастбищном содержании КРС на разных технологических этапах

Как отмечается/6/, при существующих тарифах на электроэнергию, электрическую мощность, теплоэнергию и топливо, низкой надежности электрических сетей выгодно разрабатывать собственные энергоисточники, поскольку это позволяет снизить денежные затраты на энергоносители в 1,5...2 раза и с повышением цен на топливо эта кратность не уменьшается.

При учете затрат энергии, в том числе полученной нетрадиционными источниками, необходимо установить связь между энергосбережением, технологией и экологией. Для условий пастбища затраты энергии на необходимые технологические (прямые и косвенные) процессы составят до 3,27 МДж/(кг продукта).

Полученные данные позволяют в свою очередь сравнить количество затрачиваемой энергии на выполнение различных видов работ по рекомендуемой схеме функционирования пастбищных комплексов, которая приведена на рисунке 3.

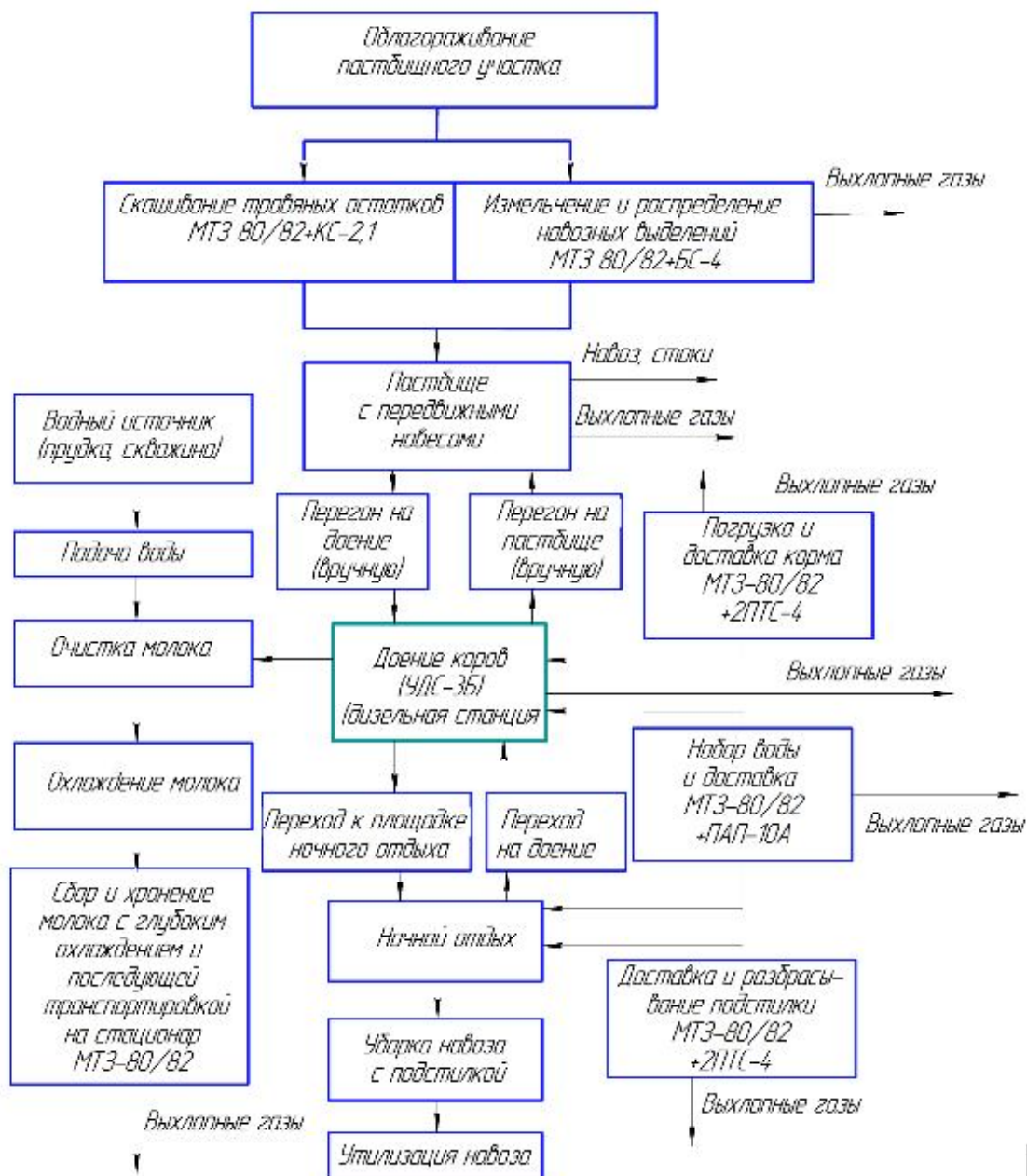


Рис. 3 – Рекомендуемая схема функционирования пастбищных комплексов

Для выбора эффективных технических решений, обеспечивающих экологическую чистоту продукции, целесообразно ввести оценки возмущающих факторов.

Литература

1. Мусин А.М. Энергетика и экология технологических процессов животноводческих ферм / Труды международной научно-технической конференции Энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве, 1994. Т.81. – с.36-37.
2. Шилин В.А. Охлаждение молока на пастбищах / В.А. Шилин, О.А. Герасимова // Сельский механизатор, 2011, №5 – с. 27.
3. Шилин В.А. Совершенствование содержания животных на пастбищном комплексе / В.А. Шилин, О.А. Герасимова // Кормопроизводство, 2013, №1 – с. 8-10.
4. Вагин Б.И. Экономическая модель функционирования пастбищных комплексов / Б.И. Вагин, В.А. Шилин, О.А. Герасимова и др. // Экономика сельского хозяйства России, 2013, №9 – с. 40-48.
5. Передвижной навес для животных: патент на изобретение 2525922 Рос. Федерация: А01К1/00 / В.А. Шилин, О.А. Герасимова; заявитель и патентообладатель Великолукская гос. с.-х. академия. – № 2012107111/13; заявл. 27.02.2012; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23.
6. Рыбалова Т. Цена на молоко как определяющий фактор развития отрасли / Т. Рыбалова // Переработка молока, 2013, №4 – с. 10-12.

References

1. Musin A.M. Jenergetika i jekologija tehnologicheskix processov zhivotnovodcheskix ferm / Trudy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii Jenergoberegajushhie tehnologii v sel'skom hozajstve, 1994. T.81. – s.36-37.
2. Shilin V.A. Ohlazhdenie moloka na pastbishhah / V.A. Shilin, O.A. Gerasimova // Sel'skij mehanizator, 2011, №5 – s. 27.
3. Shilin V.A. Sovershenstvovanie soderzhanij zhivotnyh na pastbishhnom komplekse / V.A. Shilin, O.A. Gerasimova // Kormoproizvodstvo, 2013, №1 – s. 8-10.
4. Vagin B.I. Jekonomicheskaja model' funkcionirovaniya pastbishhnyh kompleksov / B.I. Vagin, V.A. Shilin, O.A. Gerasimova i dr. // Jekonomika sel'skogo hozajstva Rossii, 2013, №9 – s. 40-48.
5. Peredvizhnoj naves dlja zhivotnyh: patent na izobretenie 2525922 Ros. Federacija: A01K1/00 / V.A. Shilin, O.A. Gerasimova; zajavitel' i patentoobladatel' Velikolukskaja gos. s.-h. akademija. – № 2012107111/13; zajavl. 27.02.2012; opubl. 20.08.2014, Bjul. № 23.
6. Rybalova T. Cena na moloko kak opredelajushhij faktor razvitija otrasli / T. Rybalova // Pererabotka moloka, 2013, №4 – s. 10-12.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация

В статье проведен анализ повреждений лопаток газотурбинных двигателей (ГТД). Сформулированы требования к материалам лопаток. Исследованы возможности применения композитов в качестве материала лопаток.

Ключевые слова и фразы: разрушение, лопатки, ГТД, композитные материалы

Morozov M.V.¹, Vaytaytis V.V.², Golovina N.Y.³

¹Student; ² Student; ³Candidate of Technical Sciences, Docent, Tyumen State Oil and Gas University, branch in Surgut

PROSPECTS OF COMPOSITE MATERIALS FOR GAS TURBINE ENGINE BLADES

Abstract

The article analyzes the damage of blades of gas turbine engines (GTE); the requirements to the materials of the blades; the possibilities of application of composites as a material of blades.

Keywords: fracture of a blade, GTE, composite materials

Reliable operation of gas turbine engines (GTE) largely depends on their blading work abilities. One of the most promising ways of increasing the technical characteristics of the GTD is the use of composite materials (CM).

In this sphere, there are some important researches with one aim: creating a composite compressor blades and power turbine, the use of which increases the reliability of the engine and significantly reduces its mass. That will noticeable increase the productivity of the energetic-producing process.

For the material of high pressure turbine blades (HPT) and a low pressure compressor (LPC) - surely have different requirements for their working conditions.

For the HPT blades characterized by the following defects:

- Burnout - is a consequence of the high-impact gas flow (approx. 900 ° C);
- Nick - traces of contact with the blades of fragments of another parts of the turbine;
- Cracks - the result of mechanical or thermal fatigue;
- Breakage of the blade due to foreign objects;
- Cleavage of a coating due to mechanical and thermal effects of the gas stream;
- Erosion - the result of the oxidation of nickel alloys at high temperatures under the growing influence of aerodynamic gas stream;
- Sulfur-oxide corrosion - chemical decomposition of the metal due to interaction with the environment.

The main defect of the CPV blades are corrosion and mechanical damage as a result of entering into the working area of foreign objects.

Vane material must withstand the staining and temperature for a long time.

In the design of modern turbine engine blades for CPV titanium alloys used for the manufacture of the blades of the HPT, nickel-based alloys are widely used, what, unfortunately, does not allow much to raise the temperature in the GTE without reducing the service life of the turbine.

Since the middle of 20th century and still, the creation of composite materials for the manufacture of gas turbine engine blades is leading. Many outstanding scientists are trying to create the composite.

The composite is an artificially created inhomogeneous solid material consisting of two or more components with a clear boundary between them. In most composite components can be separated by the matrix and incorporated there in reinforcements. The reinforcement elements typically provide the necessary mechanical characteristics of the material (strength, stiffness etc.), and the matrix provides reinforcement elements work together and protect them from mechanical damage and corrosive chemical environments.

Composite materials are classified according to the following main characteristics:

- The matrix material and the reinforcing elements;
- The geometry of the components, structure and layout of the components;
- On the method of manufacture.

According to the location of the reinforcing filler:

- Fibrous (reinforcing component - the fibrous structure);
- Layered;
- Full of plastic materials (reinforcing components - particles);
- Bulk (homogeneous);
- Skeletal (primary structure, filled with binder).

According to the material of the matrix:

- Composites with polymeric matrix;
- Composites with a ceramic matrix;
- Metal matrix composites;
- Composites oxide-oxide.

Reinforcement material may be different, depending on the properties required. As a material of reinforcement metals, fiberglass, basalt, carbon fiber (carbon fiber), and others are used always.

The first attempt to put the composite blades undertook Rolls Royce in the second half of 1960. But composites of those times were not able to provide sufficient strength and impact reliability.

Creating composite blades, superior titanium, became possible recently with the advent of new materials. Rolls-Royce and General Electric in the manufacture of blades use similar technology. The blade is formed of a number of pre-impregnated "webs" of the fiber.

A French man - Laep-X began to use the technology 3D resintransfer moulding - creating a three-dimensional structure of a single fiber, which later becomes impregnated filler and goes "ripen" into the autoclave. Bulk structure allows for greater strength.

The advantages of composite blades are:

- High specific strength (up to 2500-3000 MPa)
- High stiffness (modulus of elasticity of 140 GPa, 130 ...)
- High wear resistance
- High resistance to fatigue
- Possibility of producing dimensionally designs

Moreover, different classes of composites can possess one or more advantages. Some benefits can not be achieved simultaneously. Application of new blade significantly reduces the weight of the engine.

Potential disadvantages of composite materials include:

- Low toughness;
- High cost;
- Hygroscopicity;

- Toxicity;
- Low maintainability.

A feature and an advantage of the composite materials is that combining different materials possible to achieve the properties which are needed for these conditions.

After examining the properties of various types of composite materials, the author concluded: - many composite materials have the necessary qualities for modern improvements of GTE. One of the directions of further improving the reliability and performance of the GTE is undoubtedly associated with the use of new composite materials.

For the HPT blades, taking into account the working conditions, the most suitable metal-ceramic composites. Physical properties include metal ductility, high strength and high thermal conductivity. Ceramics has such basic physical properties such as high melting point, chemical stability and, in particular, resistance to oxidation. These blades are lighter than steel and can speed up the layout.

For the manufacture of blades CPV most suitable polymeric composite materials (PCM) [3]. PKM has a unique combination of properties is not characteristic of other materials: high static and impact strength, elasticity, resistance to corrosion is possible to control the properties of PCM by slight changes in the composition and the preparation conditions. Significant advantage of the polymeric materials are the relative ease of processing and relatively low density.

In solving the problem of creating a new generation of GTE the new heat-resistant composite materials play the leading role.

References

1. Васильев В.В., Добряков А.А., Молодцов В.А. Основы проектирования и изготовления конструкций летательных аппаратов из композиционных материалов: учеб. для вузов. – М.: МАИ, 1985. – 218 с.
2. Каблов Е.Н. Новые материалы и технологии – определяющий фактор развития авиационной техники // Технологические системы. – 1999. – №1. – С. 27 – 29.
3. Раскутин А.Е., Гуняев Г.М., Румянцева А.Ф. Термостойкие углепластики для применения в газотурбинных двигателях // Композиционные материалы в промышленности: тезисы докл. Междунар. Конф. (Ялта, 2 – 6 июня 2003 г.). – Ялта, 2003. – С. 94.

Вдовин К.Н.¹, Горленко Д.А.², Завалишин А.Н.³, Савинов А.С.⁴, Синицкий Е.В.⁵

¹Доктор технических наук, профессор, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова; ²аспирант, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова; ³доктор технических наук, профессор, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова; ⁴кандидат технических наук, доцент, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова; ⁵кандидат технических наук, доцент, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.

Работа выполнена в рамках ГЗ 01201460208

ВЛИЯНИЕ ОТПУСКА НА СВОЙСТВА КАРБИДНОЙ ФАЗЫ В БЕЛОМ КОМПЛЕКСНО ЛЕГИРОВАННОМ ЧУГУНЕ.

Аннотация

В статье рассмотрены результаты лабораторных исследований комплексно легированных чугунов, на основании которых можно предложить режимы термической обработки этих чугунов с сохранением у карбидной фазы микротвердости, полученной при кристаллизации.

Ключевые слова: чугун, карбиды, эвтектика, микротвердость, отпуск

Vdovin K.N.¹, Gorlenko D.A.², Zavalishin A.N.³, Savinov A.S.⁴, Sinitskiy E.V.⁵

¹Doctor of Technical Sciences, Professor Nosov Magnitogorsk State Technical University; ²postgraduate student, Nosov Magnitogorsk State Technical University; ³Doctor of Technical Sciences, Professor Nosov Magnitogorsk State Technical University; ⁴Ph.D., Associate Professor; ⁵Ph.D., Associate Professor

The work was performed as part of the state task 01201460208

THE INFLUENCE OF THE LEAVE ON THE PROPERTIES OF THE CARBIDE PHASE IN THE WHITE COMPLEX ALLOYED CAST-IRON.

Abstract

The results of the laboratory tests of the complex alloyed cast-iron were considered in the article, on witch we can propose modes of the heat treatment of the rolled cast-iron with the conservation of the micro-hardness in the carbide phase, obtained by crystallization.

Keywords: cast-iron, carbides, eutectic, microhardness, leave.

Комплексно легированные Ti-V-Cr-Ni-Nb чугуны используются для изготовления деталей, работающих в условиях абразивного износа при повышенных температурах [1-3]. После кристаллизации и охлаждения в отливках возникают значительные термические напряжения, связанные с массивностью изделий и низкой теплопроводностью легированного чугуна, которые дополняются фазовым наклепом при $\gamma \rightarrow \alpha$ превращении. Напряжения снимаются длительным отпуском при температурах 400...450 °С. Для предотвращения образования трещин в процессе термообработки отливки необходимо нагревать и охлаждать со скоростью несколько десятков градусов в час.

Нагрев чугуна способствует распаду остаточного аустенита с выделением карбидов и перераспределению углерода и легирующих элементов. Поэтому целью работы явилось исследование изменения микротвердости и содержания элементов в карбидной фазе.

Исследования проводили на образцах чугуна, химический состав которого представлен в табл. 1. Отпуск проводили в интервале температур 300...600 °С в течение $9 \cdot 10^2 \dots 6 \cdot 10^3$ с. Микротвердость измеряли на микротвердомере ПМТ-3 (нагрузка 100 г). Распределение элементов определяли на растровом электронном микроскопе (РЭМ) Tescan VEGA II LMU с приставкой микрорентгеноспектрального анализа INCA Energy 450.

Таблица 1. Химический состав белого чугуна, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	V	Ti	Nb
3.05-3.20	0.7-1.0	0.75-0.95	0.015	0.045	1.5-1.85	4.0-4.6	0.15-0.2	0.01-0.02	0.45-0.70

Структура исследованного белого чугуна в литом состоянии состоит из эвтектики (30 %) и дендритов аустенита, содержащего внутри до 50 % мартенсита, и вторичных карбидов (рис. 1).

В связи с трудностью идентификации карбидной фазы, на приборе ПМТ-3 определяли изменение средней микротвердости (рис. 2).

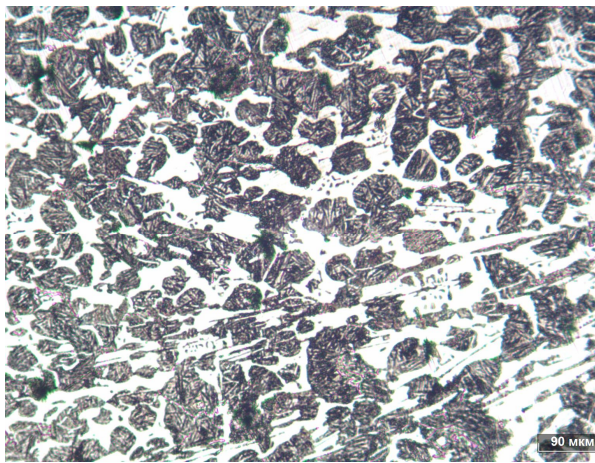


Рис. 1. Структура белого чугуна в литом состоянии, $\times 100$

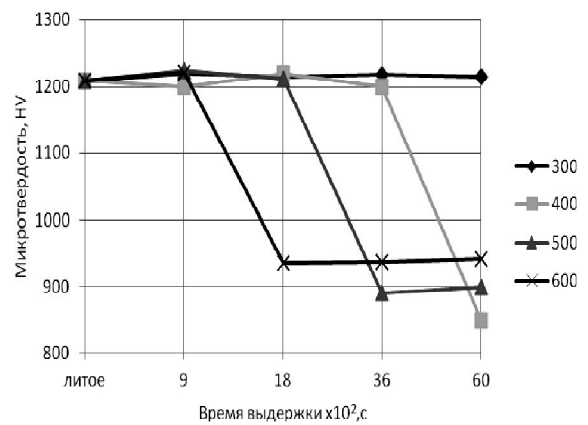


Рис. 2. Изменение средней микротвердости (HV) карбидов в зависимости от температуры ($^{\circ}\text{C}$) и времени выдержки (с)

При температуре 300°C средняя микротвердость не изменяется даже после 20 часовой выдержки. Повышение температуры отпуска приводит к снижению микротвердости, причем интенсивность снижения увеличивается с ростом температуры. Чем выше температура, тем через меньший промежуток времени начинается падение средней микротвердости. Так, при 400°C средняя микротвердость начинает снижаться через 3600 с выдержки. При температуре 500°C - через 1800 с выдержки. При температуре 600°C снижение средней микротвердости наблюдали уже через 900 с. Падение средней микротвердости составляет во всех случаях приблизительно одинаковое значение 300 ед. HV, и при дальнейшей выдержке значение средней микротвердости остается без изменения. Такой характер изменения средней микротвердости требует дополнительного исследования структурных составляющих. Исследование структуры с помощью РЭМ позволяет более четко разделить эвтектические и вторичные карбиды в отличие от оптической микроскопии. На фоне эвтектических четко выделяются вторичные карбиды. Они располагаются внутри дендритов и по границам между дендритами и эвтектическими карбидами, поэтому не наблюдаются в оптический микроскоп (рис. 3). Вторичные карбиды мельче эвтектических, имеют правильные геометрические формы, и отличаются от эвтектических химическим составом.

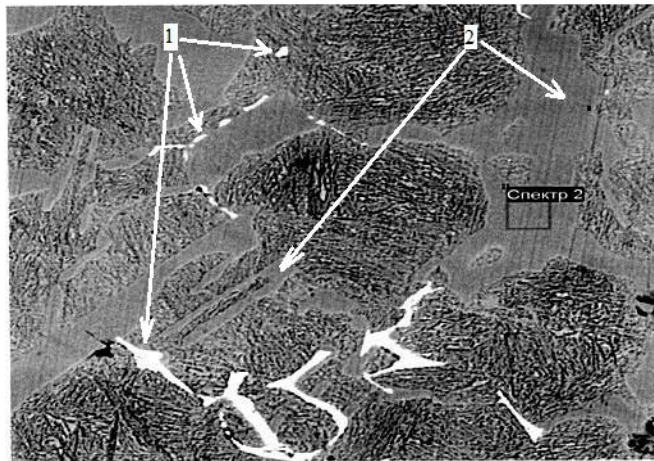


Рис. 3. Структура белого чугуна (изображение во вторичных электронах), $\times 500$: 1 – вторичные карбиды, 2 - эвтектические карбиды

Нагрев до различных температур приводит к изменению состава карбидной фазы (табл. 2). Изменения в химическом составе эвтектических карбидов незначительны: количество V несколько увеличивается до 0,6 %; количество Cr вырастает на 1 % и составляет 4,35 %; содержание Ni уменьшается на 0,1 %; количество остальных элементов остается без изменений.

Таблица 2. Химический состав карбидов белого чугуна, %

	C	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Nb
Эвтектические	$\frac{10,37}{10,07}$		$\frac{0,43}{0,6}$	$\frac{3,3}{4,35}$	$\frac{1,3}{1,28}$	$\frac{83}{82,2}$	$\frac{1,6}{1,5}$	
Вторичные	$\frac{21,65}{24,33}$	$\frac{0,8}{0,7}$	$\frac{2,4}{1,35}$	$\frac{0,65}{0,52}$		$\frac{7,1}{14,7}$	$\frac{0}{0,8}$	$\frac{67,4}{57,6}$

Примечания: числитель – литое состояние; знаменатель – после термообработки.

Во вторичных карбидах наблюдаются более существенные изменения в химическом составе: количество V снижается на 1 %, очевидно переходит в эвтектические карбиды, Cr - на 0,13%. Содержание Fe увеличивается в 2 раза с 7,1 % до 14,7 %. Во вторичных карбидах появляется Ni до 0,8 %, который был растворен в железной основе. Содержание углерода при этом снижается на 2,5 %. Следовательно, при нагреве литого чугуна происходит перераспределение элементов между карбидом цементитного типа и карбидной фазой типа MeC.

Выводы

В результате термической обработки белого, комплексно легированного чугуна происходит перераспределение легирующих элементов и железа между вторичными, эвтектическими карбидами и основой, что приводит к снижению средней микротвердости карбидов в зависимости от температурно-временных условий нагрева. Изменение микротвердости карбидной фазы начинается при

температуре выше 300 °С. С увеличением температуры нагрева микротвердость начинает снижаться за меньший промежуток времени, при 400 °С – 6000 с, при 600 °С – за 900 с.

Литература

1. Колокольцев В.М., Вдовин К.Н., Синицкий Е.В., Мулявко Н.М. Абразивная износостойкость литых металлов и сплавов: монография. Магнитогорск: МГТУ. 2004. - 228 с
2. Колокольцев В.М., Синицкий Е.В., Волков С.Ю. Влияние легирования, механических свойств и характеристик микроструктуры на абразивную износостойкость чугунов // Современные металлические материалы и технологии. Труды международной научно-технической конференции Санкт-Петербург (СММТ 2011): Изд-во Санкт-Петербург. политехнического ун-та. 2011. - С. 348 – 349.
3. Синицкий Е.В., Волков С.Ю. Влияние легирования на механические, специальные и эксплуатационные свойства отливок из чугуна // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 69 – научно-технической конференции. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова. 2011. – Т.1. – С. 121 - 124

References

1. Kolokol'cev V.M., Vdovin K.N., Sinickij E.V., Muljavko N.M. Abrazivnaja iznosostojkost' lityh metallov i splavov: monografija. Magnitogorsk: MGTU. 2004. - 228 s
2. Kolokol'cev V.M., Sinickij E.V., Volkov S.Ju. Vlijanie legirovanija, mehanicheskix svojstv i harakteristik mikrostruktury na abrazivnuju iznosostojkost' chugunov // Sovremennye metallicheskie materialy i tehnologii. Trudy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii Sankt-Peterburg (SMMT 2011): Izd-vo Sankt-Peterburg. politehnicheskogo un-ta. 2011. - S. 348 – 349.
3. Sinickij E.V., Volkov S.Ju. Vlijanie legirovanija na mehanicheskie, special'nye i jekspluatacionnye svojstva otlivok iz chuguna // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki, tehniki i obrazovanija: materialy 69 – nauchno-tehnicheskoi konferencii. – Magnitogorsk: Izd-vo Magnitogorsk. gos. tehn. un-ta im. G.I.Nosova. 2011. – T.1. – S. 121 - 124

Дед А.В.¹, Паршукова А.В.²

¹Старший преподаватель, ²магистрант, Омский государственный технический университет

СПОСОБЫ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ПРИ НЕСИММЕТРИИ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ

Аннотация

В статье рассмотрены способы оценки дополнительных потерь мощности в силовых трансформаторах от несимметрии уровня токов и напряжений.

Ключевые слова: Качество электрической энергии, несимметричная нагрузка, потери мощности

Ded A.V.¹, Parshukova A.V.²

¹Senior lecturer, ²undergraduate, Omsk State Technical University

METHODS OF CALCULATING THE ACTIVE POWER LOSSES IN POWER TRANSFORMERS AT ASYMMETRY OF CURRENTS AND VOLTAGES

Abstract

The article discusses ways to evaluate additional power losses in power transformers unbalance level currents and voltages.

Keywords: The quality of electric power, unbalanced load, the power loss

Несимметрия токов, вызванная наличием в системах электроснабжения потребителей искажающих качество электрической энергии, является одним из факторов увеличивающих потери в сетях и элементах распределения электрической энергии. Способы определения дополнительных потерь активной мощности и электроэнергии, вызванных отклонением показателей качества электрической энергии от действующих норм [1 – 4], представляют особый интерес, так эти дополнительные потери могут учитываться для оценки величины потребления энергии при симметричном и несимметричном режимах работы.

Необходимо отметить, что снижение эффективности работы электрооборудования имеет место даже при изменении показателей качества электрической энергии в допустимых нормативных диапазонах. Поэтому для определения экономически обоснованных границ их изменения и целесообразности применения корректирующих устройств необходима количественная оценка ущерба, вызванного отклонением показателей качества электрической энергии.

Рассмотрим, в качестве примера, случай работы трехфазного силового трансформатора с подключенной несимметричной нагрузкой. Трансформаторы – статические устройства, в которых на характер протекающих процессов не влияет порядок чередования фаз. Несимметрия входных напряжений трансформатора или нагрузочных токов, приводит к появлению у него несимметрии выходных напряжений [3], обусловленных составляющими соответственно обратной и нулевой последовательности.

В силовых трансформаторах дополнительные потери активной мощности от несимметрии режима, вызванные протеканием в них токов обратной последовательности, могут быть определены выражением [4]:

$$\Delta P_{\text{доп.тр}} = K_{2U}^2 \left(\Delta P_{\text{х.х}} + \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{u_{\text{кз}}^2} \right) \quad (1)$$

где $\Delta P_{\text{х.х}}$ – потери холостого хода;

$\Delta P_{\text{кз}}$ – потери короткого замыкания;

$U_{\text{кз}}$ – напряжение короткого замыкания.

Выражение (1) более удобно применять, если известны номинальные потери холостого хода и короткого замыкания исследуемого трансформатора.

В случае отсутствия точных паспортных данных трансформатора, либо при расчете значений потерь для группы однородных трансформаторов, дополнительные потери активной мощности допускается вычислять по формуле [3]:

$$\Delta P_{\text{доп.тр}} = k'_{\text{тр}} K_{2U}^2 S_{\text{н}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{н}}$ – номинальная полная мощность силового трансформатора;

$k'_{\text{тр}}$ – коэффициент, зависящий от мощности и назначения трансформатора.

Расчетное значение $k'_{\text{тр}}$, определенное для усредненных параметров стандартного оборудования, в частности для трансформаторов 6-10 кВ рекомендуется принимать $k'_{\text{тр}} = 2,67$, а для трансформаторов 35-220 кВ $k'_{\text{тр}} = 0,5$ [3].

На рисунках 1 и 2 представлены зависимости дополнительных потерь мощности $\Delta P_{\text{доп.тр}}$ от уровня коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} силовых трансформаторов с высшим напряжением 6(10) кВ типа ТМ и номинальной мощностью $S_{\text{н}} = 400$ кВА и $S_{\text{н}} = 630$ кВА, построенные с помощью выражений 1 и 2. Значения коэффициента несимметрии K_{2U} принимались равными в диапазоне от 0 до 4%. Согласно действующего ГОСТ в области качества электрической энергии, значение коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности K_{U2} , не должно превышать 2% в течение 95 % времени интервала в одну неделю, и не должно превышать 4 % в течение 100 % времени интервала в одну неделю [5].

Из графиков на рисунках 1 и 2 видно, что при величине коэффициента несимметрии K_{2U} в 4% (предельно допустимый уровень) дополнительные потери, относительно нормально допустимого уровня несимметрии равного 2%, увеличиваются в 4 раза. Кроме того, в зависимости от выбранного метода расчета дополнительных потерь в трансформаторе, обусловленных несимметричным режимом работы, разница между полученными расчетными величинами $\Delta P_{\text{доп.тр}}$ может составлять до 50%.

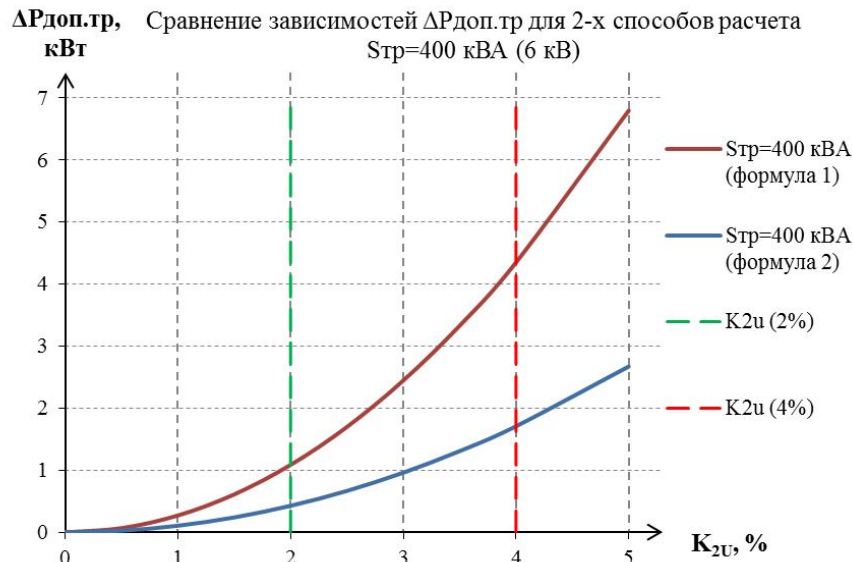


Рис. 1 – Зависимости дополнительных потерь мощности трансформатора серии ТМ 6(10) кВ мощностью $S_H=400$ кВА.

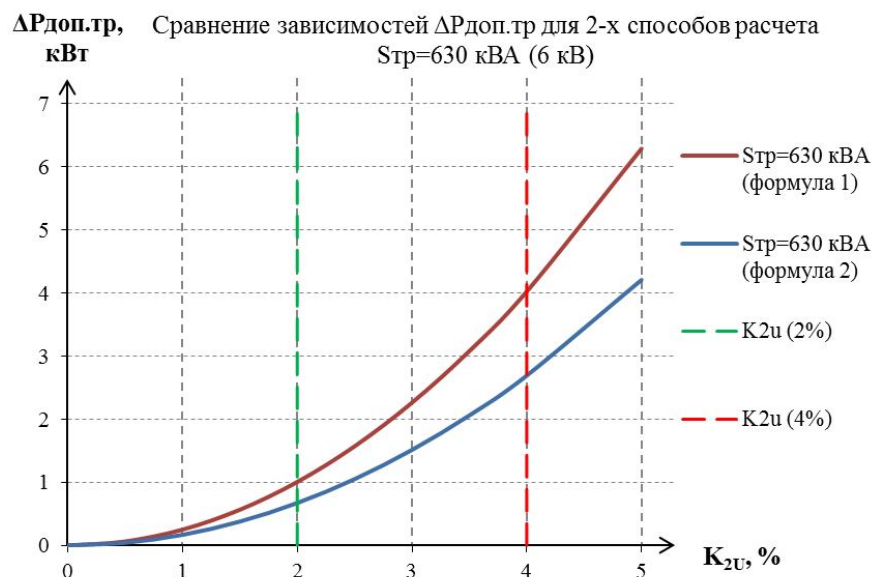


Рис. 2 – Зависимости дополнительных потерь мощности трансформатора серии ТМ 6(10) кВ мощностью $S_H=630$ кВА.

Таким образом, выбор способа расчета дополнительных потерь в каждом конкретном случае должен основываться на наличии исходных данных о трансформаторах, величине искажения режима работы и точности оценки предполагаемого экономического ущерба вызванного снижением качества электрической энергии.

Литература

1. Дед А. В. Дополнительные потери мощности в электрических сетях при несимметричной нагрузке / А. В. Дед [и др.] // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (117). – С. 157–158.
2. Дед А. В. Оценка дополнительных потерь мощности в электрических сетях 0,38 кВ на основе экспериментальных данных / А. В. Дед, С. В. Бирюков, А. В. Паршукова // Успехи современного естествознания – 2014. – № 11. – С. 64–67.
3. Шидловский А.Н. Повышение качества энергии в электрических сетях. / А.Н. Шидловский, В.Г. Кузнецов – К.: Наукова думка, 1985. – 268 с.
4. Карташев И.И. Управление качеством электроэнергии. / И. И. Карташев, Н. В. Тульский, Р.Г. Шамонов и др. под ред. Шарова Ю. В. – М.: МЭИ, 2006. – 320 с.
5. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. – 10 с.

References

1. Ded A. V. Dopolnitel'nye poteri moshhnosti v jelektricheskikh setjah pri nesimmetrichnoj nagruzke / A. V. Ded [i dr.] // Omskij nauchnyj vestnik. – 2013. – № 1 (117). – S. 157–158.
2. Ded A. V. Ocenka dopolnitel'nyh poter' moshhnosti v jelektricheskikh setjah 0,38 kV na osnove jeksperimental'nyh dannyh / A. V. Ded, S. V. Birjukov, A. V. Parshukova // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya – 2014. – № 11. – S. 64–67.
3. Shidlovskij A.N. Povyshenie kachestva jenerгии v jelektricheskikh setjah. / A.N. Shidlovskij, V.G. Kuznecov – K.: Naukova dumka, 1985. – 268 s.
4. Kartashev I.I. Upravlenie kachestvom jelektroenerгии. / I. I. Kartashev, N. V. Tul'skij, R.G. Shamonov i dr. pod red. Sharova Ju. V. – M.: MJeI, 2006. – 320 s.
5. GOST 32144-2013. Jelektricheskaja jenerгija. Sovmestimost' tehnicheskikh sredstv jelektromagnitnaja. Normy kachestva jelektricheskoy jenerгии v sistemah jelektrosnabzhenija obshhego naznachenija. – M.: FGUP «Standartinform», 2013. – 10 s.

ПОТЕРИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕМЕНТАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С НЕСИММЕТРИЧНЫМИ НАГРУЗКАМИ

Аннотация

Статья посвящена способам расчета дополнительных потерь мощности в основных элементах систем электроснабжения от несимметрии уровня токов и напряжений.

Ключевые слова: Качество электрической энергии, несимметричная нагрузка, потери мощности

Дед А.В.¹, Parshukova A.V.²¹Senior lecturer, ²undergraduate, Omsk State Technical University

ACTIVE POWER LOSSES IN ELEMENTS OF THE ELECTRICAL SYSTEMS WITH UNBALANCED LOAD

Abstract

The article is devoted way to calculate the additional power losses in the basic elements of power supply systems from the level of asymmetry of the currents and voltages.

Keywords: The quality of electric power, unbalanced load, the power loss

В современных условиях, как правило, системы электроснабжения всегда содержат потребителей, которые искажают качество электрической энергии. Как показали проведенные исследования, основной вред, от снижения качества электрической энергии проявляется в увеличении потерь активной мощности и электроэнергии, в сокращении срока службы электрооборудования и в увеличении капитальных вложений в систему электроснабжения [1-3]. Все эти последствия имеют место в основном электротехническом оборудовании систем электроснабжения: силовых трансформаторах, линиях электропередач, электрических машинах (синхронные и асинхронные двигатели).

Рассмотрим влияние несимметрии напряжений и токов на увеличение потерь активной мощности, как наиболее значимых факторов снижения эффективности работы вышеуказанных элементов.

Трансформаторы это статические устройства, порядок чередования фаз в которых не влияет на характер протекающих в них процессов.

Дополнительные потери активной мощности от несимметрии режима в силовых трансформаторах, могут быть определены по формуле:

$$\Delta P_{\text{доп.тр}} = K_{2U}^2 \left(\Delta P_{\text{х.х}} + \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{u_{\text{кз}}^2} \right) \quad (1)$$

где $\Delta P_{\text{х.х}}$ – потери холостого хода;

$\Delta P_{\text{кз}}$ – потери короткого замыкания;

$U_{\text{кз}}$ – напряжение короткого замыкания.

В случае отсутствия сведений о точных паспортных характеристиках трансформатора, либо при расчете величины $\Delta P_{\text{доп.тр}}$ для группы однородных трансформаторов, дополнительные потери активной мощности вычисляются с помощью выражения:

$$\Delta P_{\text{доп.тр}} = k'_{\text{тр}} K_{2U}^2 S_{\text{н}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{н}}$ – номинальная полная мощность силового трансформатора;

$k'_{\text{тр}}$ – коэффициент, зависящий от типа трансформатора.

Расчетное значение $k'_{\text{тр}}$, определенное для усредненных параметров стандартного оборудования рекомендуется принимать для трансформаторов 6-10 кВ $k'_{\text{тр}} = 2,67$, для трансформаторов 35-220 кВ $k'_{\text{тр}} = 0,5$ [4].

В линиях высокого напряжения (без нулевого провода) токи нулевой последовательности можно не учитывать, так как $I_0 = (0,1 \div 0,2) I_2$. Поэтому дополнительные потери, обусловленные только токами обратной последовательности равны:

$$\Delta P_{\text{доп.лэп}} = \Delta P_{\text{лэп}} K_{2I}^2, \quad (3)$$

где $\Delta P_{\text{лэп}}$ – потери в линии электропередачи в симметричном режиме;

K_{2I} – коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности, определяемый при помощи прямых измерений.

Аналогично $\Delta P_{\text{доп.лэп}}$ можно определить с помощью значений токов прямой и обратной последовательности и активного сопротивления фазного проводника:

$$\Delta P_{\text{доп.лэп}} = 3I_1^2 r + 3I_2^2 r, \quad (4)$$

где I_1 – ток прямой последовательности;

I_2 – ток обратной последовательности;

r – активное сопротивление линии электропередачи.

При несимметричной нагрузке линий электропередач 0,38 кВ дополнительное увеличение потерь мощности по сравнению с симметричным режимом может быть оценено с помощью коэффициента $K_{\text{нпр}}$, учитывающего неравномерность нагрузки фаз:

$$\Delta P_{\text{доп.лэп}} = \Delta P_{\text{лэп}} K_{\text{нпр}}, \quad (5)$$

$$\text{где } K_{\text{нпр}} = 3 \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{(I_A + I_B + I_C)^2} \left(1 + 1,5 \frac{r_{\text{нл}}}{r_{\text{ф}}} \right) - 1,5 \frac{r_{\text{нл}}}{r_{\text{ф}}};$$

$r_{\text{нл}}, r_{\text{ф}}$ – сопротивления нейтрального и фазного проводов;

I_A, I_B, I_C – измеренные токи фаз;

Для сети с изолированной нейтралью выражение для определения $K_{\text{нпр}}$ принимает вид:

$$K_{\text{нпр}} = 3 \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{(I_A + I_B + I_C)^2} = \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3I_{\text{ср}}^2}. \quad (4)$$

В асинхронных двигателях наличие на зажимах даже небольшой несимметрии напряжений, приводит к значительному увеличению дополнительных потерь активной мощности, которые определяются из выражения:

$$\Delta P_{\text{доп.ад}} = 2,41 k_{\text{ад}} K_{2U}^2 P_{\text{н}}, \quad (6)$$

где $k_{\text{ад}}$ – безразмерный коэффициент, зависящий от параметров двигателя;

K_{2U} – коэффициент несимметрии напряжений;

$P_{\text{н}}$ – номинальная активная мощность двигателя.

Значения коэффициента $k_{\text{ад}}$ возможно определить следующим способом [4]:

$$k_{\text{ад}} = \frac{\Delta P_{\text{м1ном}} I_{\text{п}}^2}{P_{\text{н}}}, \quad (7)$$

где $\Delta P_{\text{м1ном}}$ – потери в меди статора при номинальном токе основной частоты;

$I_{\text{п}}$ – кратность пускового тока при номинальном напряжении.

В случае большого количества асинхронных двигателей с различной номинальной мощностью, допускается применять табличные значения $k_{\text{ад}}$, определенные для различных отраслей промышленности.

Согласно [4] значение коэффициента $k_{\text{ад}}$ для всей промышленности в целом принимаются равными 1,85. Максимальное значение $k_{\text{ад}} = 2,91$ соответствует легкой промышленности, минимальное $k_{\text{ад}} = 1,07$ – угольной отрасли.

В синхронных машинах потери активной мощности, обусловленные несимметрией токов и напряжений, существуют как в статоре, так и в роторе. Однако потерями в статоре от несимметрии напряжений принято пренебрегать, так как их величина значительно меньше потерь в обмотке ротора.

Поэтому, дополнительные потери мощности, могут быть определены в зависимости от коэффициента несимметрии напряжений по формуле:

$$\Delta P_{\text{доп.см}} = k_{\text{сд}} K_{2U}^2 P_{\text{н}}, \quad (8)$$

где $k_{\text{сд}}$ – коэффициент, зависящий от типа синхронной машины;

K_{2U} – коэффициент несимметрии напряжений;

$P_{\text{н}}$ – номинальная активная мощность двигателя.

Коэффициент $k_{\text{сд}}$ может принимать значения: для турбогенераторов – 1,856; для гидрогенераторов и синхронных двигателей с успокоительной обмоткой (без успокоительной обмотки) – 0,681 (0,273); для синхронных компенсаторов – 1,31 [4].

Таким образом, расчет дополнительных потерь мощности является актуальной задачей, так как несимметричные режимы работы элементов сети, как было сказано выше, сопровождаются увеличением в них потерь энергии и снижением надежности их работы.

Литература

1. Дед А. В. Экспериментальное исследование влияния несимметричной нагрузки на систему электроснабжения / А. В. Дед, Е. Н. Еремин // Омский научный вестник. – 2009. - № 1 (77). – С. 133-138.
2. Дед А. В. Оценка дополнительных потерь мощности в электрических сетях 0,38 кВ на основе экспериментальных данных / А. В. Дед, С. В. Бирюков, А. В. Паршукова // Успехи современного естествознания – 2014. – № 11. – С. 64-67.
3. Долингер С. Ю. Оценка дополнительных потерь мощности от снижения качества электрической энергии в элементах систем электроснабжения / С. Ю. Долингер, А. Г. Лютаевич, В. Н. Горюнов и др. // Омский научный вестник. – 2013. - № 2 (120). – С. 178-183.
4. Шидловский А.Н. Повышение качества энергии в электрических сетях. / А.Н. Шидловский, В.Г. Кузнецов – К.: Наукова думка, 1985. – 268 с.

References

1. Ded A. V. Jeksperimental'noe issledovanie vlijaniya nesimmetrichnoj nagruzki na sistemu jelektrosnabzhenija / A. V. Ded, E. N. Eremin // Omskij nauchnyj vestnik. – 2009. - № 1 (77). – S. 133-138.
2. Ded A. V. Ocenka dopolnitel'nyh poter' moshhnosti v jelektricheskix setjah 0,38 kV na osnove jeksperimental'nyh dannyh / A. V. Ded, S. V. Birjukov, A. V. Parshukova // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya – 2014. – № 11. – S. 64-67.
3. Dolinger S. Ju. Ocenka dopolnitel'nyh poter' moshhnosti ot snizhenija kachestva jelektricheskoy jenerгии v jelementah sistem jelektrosnabzhenija / S. Ju. Dolinger, A. G. Ljutarevich, V. N. Gorjunov i dr. // Omskij nauchnyj vestnik. – 2013. - № 2 (120). – С. 178-183.
4. Shidlovskij A.N. Povyshenie kachestva jenerгии v jelektricheskix setjah. / A.N. Shidlovskij, V.G. Kuznecov – K.: Naukova dumka, 1985. – 268 s.

Демчук Е.В.¹, Союнов А.С.²

^{1,2} Кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ДВУХЛЕНТОЧНЫМ СОШНИКОМ

Аннотация

В статье приведены результаты теоретических исследований качества распределения семян зерновых культур двухленточным сошником при помощи программы для ПЭВМ. Получены теоретические зависимости равномерности распределения семян по длине и ширине засеваемой ленты.

Ключевые слова: двухленточный сошник, равномерность распределения семян, теоретические исследования, имитационный опыт посева.

Demchuk E.V.¹, Soyunov A.S.²

^{1,2} Candidate of Technical Sciences, associate professor of agroengineering FGBOU VPO "Omsk state agricultural university of P. A. Stolypin"

WORKING PROCESS OF THE DISK SOIL-CULTIVATING TOOL

Abstract

In the paper presents the results of theoretical studies of the quality distribution of seeds of grain crops two-tape opener using PC programs. The theoretical dependence of the uniform distribution of seeds along the length and width of the tape sown.

Keywords: Two-tape opener, even distribution of seeds, theoretical studies, imitating experience of sowing

Одной из ключевых задач производства зерновых культур является получение устойчивых урожаев, а наиболее значимое место в ее решении занимает операция посева. Качественным посевом считается равномерное распределение посевного материала по площади питания и глубине заделки. Внимание к равномерному распределению семян объясняется большим потенциалом повышения урожайности при снижении нормы высева.

Получить равномерное распределение семян по длине и ширине засеваемой ленты при посеве двухленточным сошником [1,4] можно за счет изменения угла атаки стоек к траектории движения α , угла крена стоек к поверхности почвы β и длины выреза наружной стороны прямолинейного профиля нижней кромки стойки L (рис. 1).

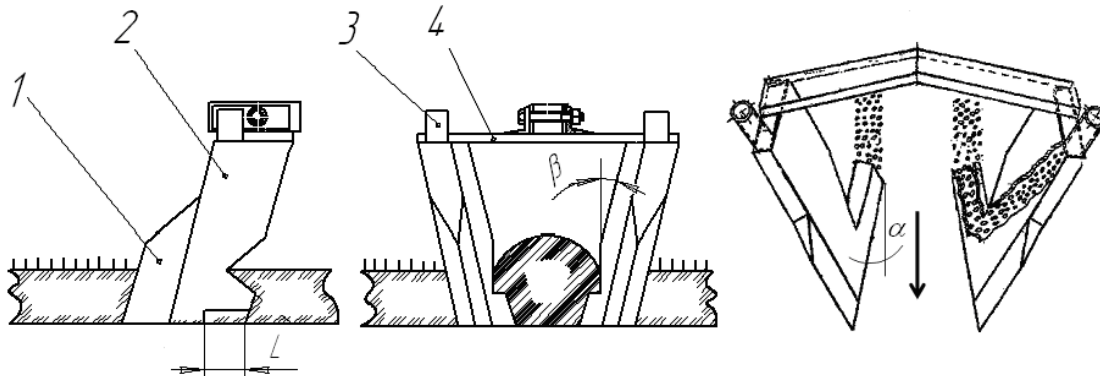


Рис. 1. Двухленточный сошник: 1 – пластина с заостренным носком, 2 – пустотелая стойка, 3 – семянаправитель, 4 – кронштейн, α – угол атаки, β – угол крена, L – длина выреза

Качество распределения и заделка семян зерновых культур зависят от характера движения их в системе: семяпровод – стойка сошника – почва. При выходе из высевающего аппарата семена могут достичь поверхности почвы, как при безударном движении их в потоке, так и после соударения со стенками семяпровода и стойки сошника. Учитывая многократное соударение семян, зерновой поток разбивается на определенное количество хаотично движущихся зерновок, для которых необходимо определить точки встречи их с поверхностью почвы.

В результате теоретических изысканий работы двухленточного сошника для посева зерновых культур была получена система уравнений, которая позволяет определить скорость движения и координаты зерновки [1, 2]:

$$\left. \begin{aligned} V_x^{i+1} &= \left(1 - \frac{\Delta t \cdot k \cdot R^i}{m \cdot |\vec{V}^i|} \right) \cdot V_x^i + \frac{\Delta t}{m} \cdot R^i \cdot \frac{\partial F^i}{\partial x}, \\ V_y^{i+1} &= \left(1 - \frac{\Delta t \cdot k \cdot R^i}{m \cdot |\vec{V}^i|} \right) \cdot V_y^i + \frac{\Delta t}{m} \cdot R^i \cdot \frac{\partial F^i}{\partial y}, \\ V_z^{i+1} &= \left(1 - \frac{\Delta t \cdot k \cdot R^i}{m \cdot |\vec{V}^i|} \right) \cdot V_z^i + \frac{\Delta t}{m} \cdot R^i \cdot \frac{\partial F^i}{\partial z}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_x^{i+1} &= Q_x^i + \Delta t \cdot V_x^i, \\ Q_y^{i+1} &= Q_y^i + \Delta t \cdot V_y^i, \\ Q_z^{i+1} &= Q_z^i + \Delta t \cdot V_z^i. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где k – коэффициент трения качения;

m – масса зерна, кг;

R^i – величина силы реакции поверхности, направленной вдоль нормали;

$\frac{\partial F^i}{\partial x}, \frac{\partial F^i}{\partial y}, \frac{\partial F^i}{\partial z}$ – компоненты вектора нормали к поверхности в точке (x_i, y_i, z_i) ;

V – скорость зерновки, м/с.

Рассмотренные связи и зависимости движения зерен позволяют представить общую схему движения зерен после столкновения: друг с другом, со стенками семяпровода, с почвой и определить их координаты размещения на уплотненном ложе бороздки.

По описанной методике составлена программа для ПЭВМ (рис. 2). Данная программа позволяет производить имитационные опыты посева семян зерновых культур двухленточным сошником, учитывая всевозможные варианты поведения посевного материала, а так же производить изменения параметров в конструкции сошника.

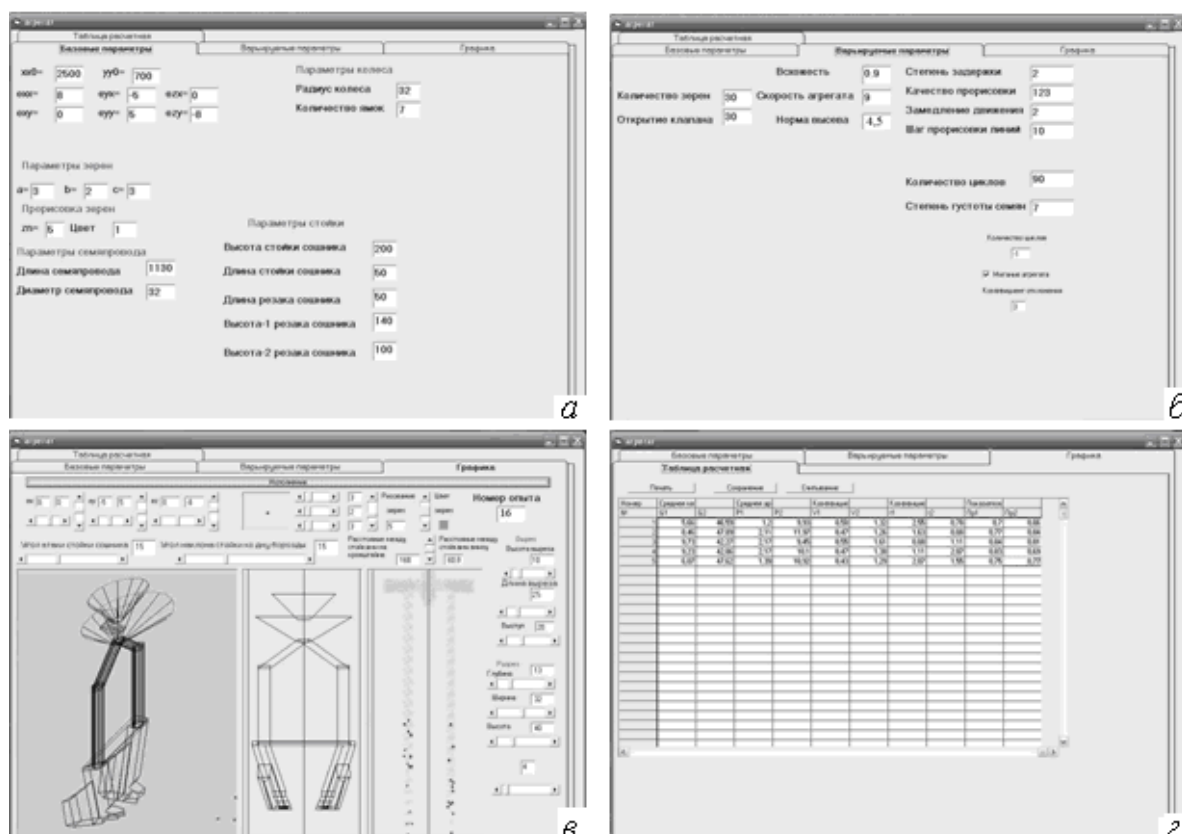


Рис. 2. Программа для вычисления равномерности распределения семян: а – базовые параметры; б – варьируемые параметры, в – графика; г – таблица расчетная

При моделировании процесса распределения семян в программу вводятся базовые геометрические параметры рабочего органа, задается норма высева семян, устанавливаются варьируемые параметры.

После исполнения опыта, получается таблица координат точек приземления семян, производится замер расстояний между точками X_i , затем вычисляется среднее арифметическое ряда замеров X_{cp} , среднее квадратическое отклонение σ_{cp} и коэффициент вариации C_v . После чего производится расчет равномерности распределения семян по длине и ширине засеваемой ленты.

Распределение можно считать идеальным, если показатель равномерности распределения будет равен единице [3].

$$P_p = \frac{X_{cp}}{X_{cp} + t \cdot m} \quad (3)$$

где $P_p \leq 1$ – показатель равномерности распределения;

X_{cp} – среднее арифметическое ряда замеров;

t – коэффициент Стьюдента;

m – ошибка средней арифметической

При исследованиях равномерности распределения семян двухленточным сошником в качестве варьируемых параметров были выбраны угол атаки α , угол крена β и длина выреза наружной стороны прямолинейного профиля нижней кромки стойки L . Угол атаки α и угол крена β варьировались в пределах $3 \dots 27^\circ$, длина выреза наружной стороны прямолинейного профиля нижней кромки стойки L в диапазоне $0 \dots 100$ мм [1]. На основании полученных данных получены зависимости равномерности распределения семян по длине и ширине засеваемой ленты (рис. 3).

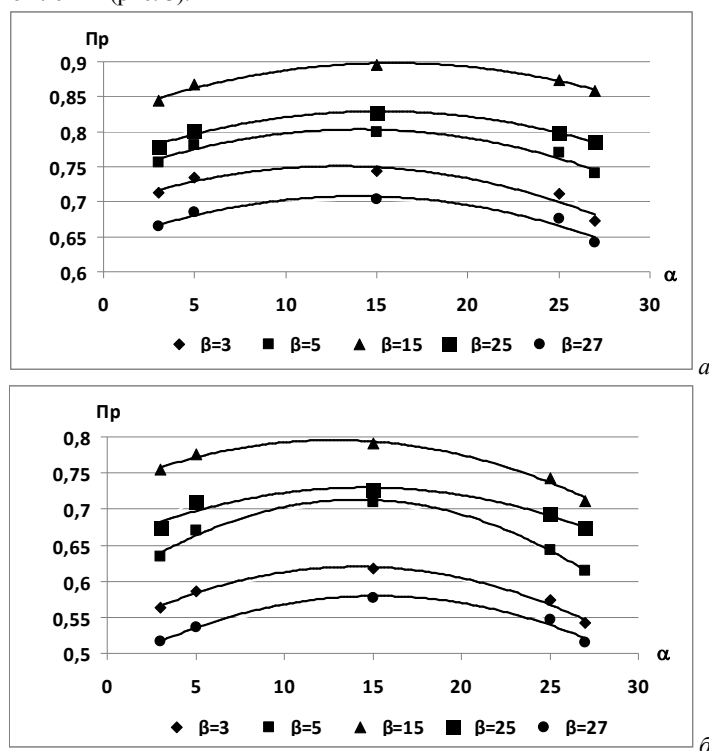


Рис. 3. Теоретические зависимости равномерности распределения семян при $L = 50$: а – по длине ленты; б – по ширине ленты

Анализируя данные зависимости можно сделать вывод, что максимальные значения показателей равномерности распределения семян по длине $P_p = 0,9$ и ширине $P_p = 0,78$ ленты достигаются при $\alpha = \beta = 15^\circ$, $L = 50$ мм.

Литература

1. Демчук Е.В. Обоснование параметров двухленточного сошника зерновой сеялки : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01. / Е. В. Демчук; [Место защиты: Новосиб. гос. аграр. ун-т]. – Новосибирск, 2010. – 19 с.
2. Демчук, Е.В. Определение качества распределения семян зерновых культур двухленточным сошником / Е.В. Демчук, Ю.В. Демчук // Тракторы и с.-х. машины. – № 5. – 2013. – С. 41-42.
3. Кобяков, И.Д. Методологические основы совершенствования рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин : монография / И.Д. Кобяков, А.В. Евченко, Е.В. Демчук, А.С. Союнов. – Омск : Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2012. – 144 с.
4. Пат. 72378 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 С 7/20. Сошник сеялки / Е. В. Демчук, И. Д. Кобяков – № 2007144865; заявл. 03.12.2008, опубл. 20.04.2008. Бюл. № 11 (III ч.) – С. 755.

References

1. Demchuk E.V. Obosnovanie parametrov dvuhlentochnogo soshnika zernovoj sejalki : avtoreferat dis. ... kand. tehn. nauk : 05.20.01. / E. V. Demchuk; [Mesto zashchity: Novosib. gos. agrar. un-t]. – Novosibirsk, 2010. – 19 s.
2. Demchuk, E.V. Opredelenie kachestva raspredeleniya semjan zernovykh kul'tur dvuhlentochnym soshnikom / E.V. Demchuk, Ju.V. Demchuk // Traktory i s.-h. mashiny. – № 5. – 2013. – S. 41-42.
3. Kobjakov, I.D. Metodologicheskie osnovy sovershenstvovaniya rabochih organov pochvoobrabatyvajushhih i posevnyh mashin : monografija / I.D. Kobjakov, A.V. Evchenko, E.V. Demchuk, A.S. Sojunov. – Omsk : Izd-vo FGBOU VPO OmGAU im. P.A. Stolypina, 2012. – 144 s.
4. Pat. 72378 Rossijskaja Federacija, A 01 S 7/20. Soshnik sejalki / E. V. Demchuk, I. D. Kobjakov – № 2007144865; zajavl. 03.12.2008. opubl. 20.04.2008. Bjul. № 11 (III ch.) – S. 755.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАНОРАМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕБА ДЛЯ РАСЧЕТА ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ОБЛАЧНОСТИ

Аннотация

В статье предлагается метод определения направления и видимой угловой скорости перемещения облачности на основе серии панорамных изображений облачного небосвода, полученных с помощью сверхширокоугольных объективов.

Ключевые слова: панорамные изображения, облачность, направление, угловая скорость, перемещение, геометрическая дисторсия.

Galileiskii V. P.¹, Elizarov A.I.², Kokarev D. V.³, Morozov A. M.⁴¹Ph.D in Physics and mathematics, ²Ph.D, ³engineer, ⁴senior staff scientist, V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk

CALCULATION THE STATE VECTOR OF CLOUDINESS BY USING A PANORAMIC IMAGE OF THE SKY

Abstract

This article gives a short overview to method of direction determining and visible angular velocity of movement determining of cloudiness based on set of panoramic images of cloudy sky, obtained by wide-angle lens.

Keywords: Panoramic images, cloudiness, direction, angular velocity, displacement, geometric distortion

Облачность является важнейшим на планете погодным и климатообразующим фактором локального и глобального масштаба. Кроме того облачность и тип облачности является детектором температурного и влажностного состояния атмосферы на больших высотах, а также детектором и «визуализатором» горизонтального и вертикального переноса воздушных масс, что также важно при изучении физики облакообразования. Другая сторона фактора облачности – техногенная. Наличие и состояние облачности существенно влияет на условия видимости, надежность оптической связи, локации и передачи электромагнитной энергии на трассах внутри атмосферы и Земля-Космос. Поэтому понятна важность наблюдений состояния облачности и методов их обработки с целью оценки не только метеорологических характеристик облачности (высота, бал), но и направление, и скорость переноса.

В практике наблюдений «всего» небосвода широко используются однокамерные панорамные устройства со сверхширокоугольными объективами типа “Fisheye” [1, 2, 3]. Чтобы обеспечить правильную интерпретацию изображений, полученных с помощью таких систем, необходимо корректно перенести образ $I(x, y)$ облачного поля с изображения на условную поверхность облачного горизонта на высоте H над Землей – $S(X, Y)$. Для оценки угловых характеристик облачности, знания действительной высоты облачности не требуется.

Рассмотрим два важнейших фактора влияющих на геометрию явления. Первый фактор – это видимые перспективные искажения в трехмерном пространстве. Наблюдаемый в зените вектор скорости облачности \vec{V} в других направлениях распадается на три видимые компоненты: по азимуту \vec{V}_A , зенитному углу \vec{V}_Z и радиальную компоненту – по лучу зрения \vec{V}_I [4]:

$$\vec{V} = \vec{V}_A + \vec{V}_Z + \vec{V}_I$$

В угловом выражении этих скоростей $\vec{V}^\circ = \vec{V}/L$, где L дальность, величина компонент будет вследствие перспективы существенно уменьшаться с приближением к горизонту. Кроме того, относительная доля компоненты \vec{V}_I , не связанная с видимым угловым перемещением по небосводу, в створе направления движения существенно возрастает за счет уменьшения двух остальных.

Второй фактор связан со средствами регистрации панорамных изображений облачного поля, в которых, как правило, применяются сверхширокоугольные объективы типа “Fisheye” с полем зрения близким к $180^\circ \times 180^\circ$. Направленные вертикально вверх, в зенит, обеспечивают видимость от горизонта до горизонта. К сожалению, эти объективы страдают значительной геометрической дисторсией: осевые углы по мере приближения к краю поля зрения на изображении сжимаются. Таким образом, прямой пересчет координат точек изображения в угловые координаты приведет к значительным ошибкам. Для устранения ошибок, связанных с дисторсией, необходимо производить калибровку панорамных фотографических устройств, в ходе которых определяются калибровочная функция и углы ориентации (направления оптической оси) [5]:

$$\begin{cases} Z = K(r, p) \\ (\chi, \gamma, \omega) \end{cases} \quad (1)$$

где Z – угловое расстояние от оптической оси, r – линейное расстояние от центра изображения до точки, p – экспериментально определяемые параметры калибровочной функции, χ, γ – сферические углы, задающие направление оптической оси относительно местного вертикала, ω – угол поворота изображения вокруг оптической оси относительно сторон горизонта для привязки к сторонам света.

Учитывая выше приведенные факторы, расчет реальных пространственных топоцентрических координат $\langle X, Y \rangle$ на облачном горизонте относительно точки наблюдения соответствующих координатам $\langle x, y \rangle$ пикселей на изображении может быть произведен в три этапа:

а) пересчет координат пикселей изображения $\langle x, y \rangle$ в сферические горизонтальные координаты $\langle A_c, Z_c \rangle$ относительно фотокамеры:

$$\begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2} \\ Z_c = K(r, p) \\ A_c = \arctg(y, x) \end{cases} \quad (2)$$

б) коррекция координат $\langle A_c, Z_c \rangle$ с учетом углов $\langle \chi, \gamma, \omega \rangle$ для приведения к местному вертикалу и сторонам горизонта $\langle A_s, Z_s \rangle$;

в) вычисление топоцентрических координат $\langle X, Y \rangle$ на высоте H облачного слоя с радиусом относительно центра Земли $R_\oplus + H$:

$$\begin{cases} D(Z_s) = (R_\oplus + H) \left(Z_s - \arcsin \left(\frac{R_\oplus \cdot \sin Z_s}{R_\oplus + H} \right) \right) \\ X = D(Z_s) \cdot \sin A_s \\ Y = D(Z_s) \cdot \cos A_s \end{cases} \quad (3)$$

Хотя облачный слой считается сферическим радиуса $R_\oplus + H$, но за счет большой величины земного радиуса применение прямоугольной координатной сетки на облачном горизонте не приводит к большим ошибкам: при реальной высоте облачности 10 км до зенитного угла 88° линейная ошибка не превышает 0.005% (соответственно, 100 км - 88° - 0.025%).

При условии сохранения калибровки панорамного устройства регистрации и высоты облачности H полученный массив данных соотношения координат $\langle x, y \rangle \leftrightarrow \langle A_s, Z_s \rangle \leftrightarrow \langle X, Y \rangle$ может быть многократно использован.

Из-за нелинейности соотношения координат $\langle x, y \rangle \leftrightarrow \langle X, Y \rangle$ расстояние между соседними точками облачного горизонта увеличиваются от зенита к горизонту приблизительно в 10 раз. Поэтому для дальнейшей обработки может потребоваться провести интерполяцию поля яркости $S(X, Y)$ на равномерную координатную сетку $\langle X, Y \rangle^\equiv$ с фиксированным шагом: $S(X, Y) \rightarrow S(X^\equiv, Y^\equiv)$.

В процессе межкадровой обработки серии изображений производится поиск относительного смещения $\langle \Delta X_{i,j}, \Delta Y_{i,j} \rangle$ облачного поля за временной интервал между ними $\Delta T_{i,j}$ и вычисление компонентов скорости $\langle \bar{V}_x, \bar{V}_y \rangle$, азимута \bar{A}_w направления движения облачного поля и угловой скорости \bar{V}° в точке зенита:

$$\begin{cases} \bar{V}_x = \frac{1}{n} \sum \frac{\Delta X_{i,j}}{\Delta T_{i,j}} \\ \bar{V}_y = \frac{1}{n} \sum \frac{\Delta Y_{i,j}}{\Delta T_{i,j}} \end{cases} \quad (4)$$

$$\bar{A}_w = \arctg(\bar{V}_y, \bar{V}_x) \quad (5)$$

$$\bar{V}^\circ = \frac{1}{H} \sqrt{\bar{V}_x^2 + \bar{V}_y^2} \quad (6)$$

Значения компонентов скорости $\langle \bar{V}_x, \bar{V}_y \rangle$ и азимута \bar{A}_w совместно с таблицей данных $\langle x, y \rangle \leftrightarrow \langle A_s, Z_s \rangle \leftrightarrow \langle X, Y \rangle$ несложно применить для прогноза на непродолжительный промежуток времени ΔT положения облачности или просветов на небосводе. Знание реальных значений высоты облачности H позволяет сделать прогноз видимости в условиях облачности для прилегающего района.

Для всей серии изображений одного размера, составляется таблица пересчета координат, которая и будет использоваться для дальнейших расчетов.

На основе описанного выше метода была разработана методика расчета вектора состояния облачности, состоящая из следующих пунктов:

1. Проекция образа облачного неба на горизонт:
 $I(x, y) \rightarrow S(X, Y) \rightarrow S(X^\equiv, Y^\equiv)$;
2. Устранение избыточной информации, т.е. разделение изображения на два класса – небо и облачность;
3. Расчет смещения облачности в текущем кадре относительно предыдущего $\langle \Delta X_{i,j}, \Delta Y_{i,j} \rangle$ за временной интервал между ними $\Delta T_{i,j}$;

4. Вычисление угловых характеристик движения облачности: азимута \bar{A}_w и угловой скорости \bar{V}° в точке зенита

Первая задача решается путем использования предварительно рассчитанного массива соотношения координат $\langle x, y \rangle \leftrightarrow \langle X, Y \rangle$ и интерполяцией на равномерную сетку $\langle X, Y \rangle^\equiv$ поля яркости неба.

Задача разделения изображения на классы успешно решается с помощью алгоритмов основанных на использовании информации о цвете (цветовая модель RGB). Поскольку для чистого неба преобладающим будет являться синий цвет, то используя пороговые ограничения для отношения интенсивностей в цветовых каналах, можно достаточно точно разделить изображение на два условных класса – небо/облака (рис.1). Естественно, что на результат такого разделения в основном будет влиять тип используемой камеры и преобладающих атмосферных условий. При уточненном качественном описании цвета используют три его субъективных атрибута: цветовой тон, насыщенность и светлоту (цветовая модель HSV). Поэтому, для проведения более качественного обнаружения облачности, используется пороговый классификатор, основанный на использовании HSV цветовой модели. Информация о цветовом тоне H и насыщенности S позволяет построить надежное разделяющее правило, которое в меньшей мере, по сравнению с RGB системой, зависит от устройства получения изображения.



Рис. 1. Обнаружение облачности с использованием цветовых моделей RGB и HSV: исходное изображение, RGB метод, HSV метод.

Расчет направления перемещения облачности в кадре ведется с помощью алгоритма измерения подобия [6] между блоками изображений на основании суммы абсолютных разностей (SAD – sum of absolute differences). Участок, размер которого выбирается исходя из размеров изображения, предыдущего изображения является шаблоном для поиска на текущем изображении. Позиция на текущем кадре, где сумма абсолютных разностей с шаблоном будет минимальной, и будет считаться максимально похожей на участок предыдущего изображения. Таким образом, мы можем посчитать начало и конец вектора движения участка облачности (рис. 2). Далее, из уже составленной таблицы преобразования координат, мы пересчитываем координаты вектора в реальные размеры, и соответственно, зная время между кадрами, рассчитываем скорость перемещения облаков.

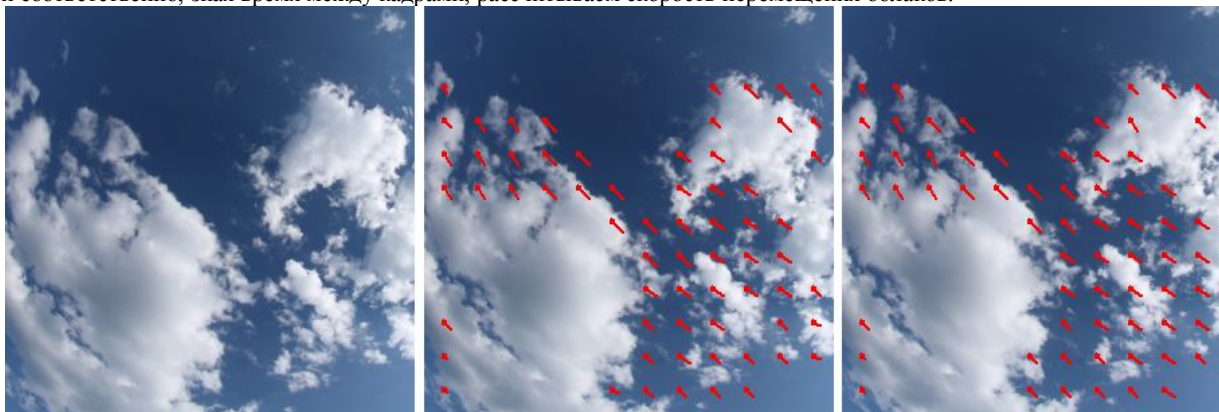


Рис.2. Визуализация рассчитанных векторов перемещения облачности

Дальнейшие исследования направлены на создания методов анализа многоярусных облачных образований и возможности синхронизации панорамных снимков, с ежедневными реальными космическими снимками, для классификации облачности.

Литература

1. Галилейский В.П., Морозов А.М. Панорамный фотометрический комплекс // Оптика атмосферы. - 1990. - Т. 3, № 11. - С. 1131-1135.
2. Галилейский В.П., Морозов А.М., Ошлаков В.К. Панорамный фотометрический комплекс для контроля прямой и рассеянной солнечной радиации / Региональный мониторинг атмосферы. Ч.2. Новые приборы и методики измерений: Коллективная монография / Под общей редакцией М.В. Кабанова. Томск: изд-во "Спектр" Института Оптики Атмосферы СО РАН, 1997. - С. 146-160
3. Галилейский В.П. Средство видеоконтроля для широкого круга технологических задач / Галилейский В.П., Зуев К.Г., Колеватов А.С., Морозов А.М., Ошлаков В.К., Петров А.И. // Сб. Наука производству. Институт оптики атмосферы. – 2003. - № 9. - С.66-70.
4. Галилейский В.П., Гришин А.И., Морозов А.М. Пассивный моностабильный метод оценки высоты и скорости движения облачности // Оптика атмосферы и океана. - 2013. - Т. 26, № 3. - С. 253-257.
5. Сгоннов Д.А., Морозов А.М., Кокарев Д.В., Галилейский В.П. Программа определения калибровочной функции геометрического искажения сверхширокоугольных изображений по звездам (AllSky) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611444 от 3 февраля 2014. Правообладатель: ФГБУН ИОА СО РАН
6. Елизаров А.И., Галилейский В. П., Кокарев Д. В., Морозов А. М. Определение параметров облачности и составление прогноза с использованием API Google карт: тезисы докл. XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн».(Иркутск, 29 июня – 5 июля 2014 г.). - С.78-81.

References

1. Galilejskij V.P., Morozov A.M. Panoramnij fotometricheskij kompleks // Optika atmosfery. - 1990. - Т. 3, № 11. - С. 1131-1135.
2. Galilejskij V.P., Morozov A.M., Oshlakov V.K. Panoramnij fotometricheskij kompleks dlja kontrolja prjamoj i rassejannoj solnečnoj radiacii / Regional'nyj monitoring atmosfery. Ch.2. Novye pribory i metodiki izmerenij: Kollektivnaja monografija / Pod obshej redakciej M.V. Kabanova. Tomsk: izd-vo "Spektr" Instituta Optiki Atmosfery SO RAN, 1997. - S. 146-160
3. Galilejskij V.P. Sredstvo videokontrolja dlja širokogo kruga tehnologicheskix zadach / Galilejskij V.P., Zuev K.G., Kolevatov A.S., Morozov A.M., Oshlakov V.K., Petrov A.I. // Sb. Nauka proizvodstvu. Institut optiki atmosfery. – 2003. - № 9. - S.66-70.
4. Galilejskij V.P., Grishin A.I., Morozov A.M. Passivnyj monostabil'nyj metod ocenki vysoty i skorosti dvizhenija oblachnosti // Optika atmosfery i okeana. - 2013. - Т. 26, № 3. - S. 253-257.
5. Sgonnov D.A., Morozov A.M., Kokarev D.V., Galilejskij V.P. Programma opredelenija kalibrovочноj funkcii geometricheskogo iskazhenija sverhshirokougol'nyh izobrazhenij po zvezdam (AllSky) // Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2014611444 ot 3 fevralja 2014. Pravoobladatel': FGBUN IOA SO RAN
6. Elizarov A.I., Galilejskij V. P., Kokarev D. V., Morozov A. M. Opredelenie parametrov oblachnosti i sostavlenie prognoza s ispol'zovaniem API Google kart: tezisy dokl. XXIV Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Rasprostranenie radiovoln».(Irkutsk, 29 ijunja – 5 ijulja 2014 g.). - S.78-81.

Иванов С.И.¹, Иванов С.И.², Самарин Г.Н.³

¹Аспирант, Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, ²Кандидат экономических наук, доцент, Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, ³Кандидат технических наук, доцент, Великолукская государственная сельскохозяйственная академия

ТЕПЛООБМЕННИК ДЛЯ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА НА ФЕРМЕ

Аннотация

В статье изложены актуальность и теоретические предпосылки для разработки и использования систем кондиционирования воздуха в животноводческих и птицеводческих помещениях с воздухоосушителем, работающего с использованием естественного холода.

Ключевые слова: относительная влажность, микроклимат, воздухоосушитель, продуктивность, ферма, естественный холод.

Ivanov S.I.¹, Ivanov S.I.², Samarin G.N.³

¹Graduate, Velikie Luki State agricultural Academy, ²Candidate of economic Sciences, associate Professor, Velikie Luki State agricultural Academy, ³Candidate of technical Sciences, associate Professor, Velikie Luki State agricultural Academy

THE HEAT EXCHANGER FOR DEHUMIDIFICATION ON THE FARM

Abstract

The article describes the relevance and theoretical background for the development and use of air conditioning systems in the livestock and poultry premises with a dehumidifier operating with natural cooling. – Figure 6, Bibliography 6.

Keywords: relative humidity, microclimate, dehumidifier, productivity, farm, natural cold.

Создание и поддержание микроклимата в животноводческих помещениях связаны с решением комплекса инженерно-технических задач и наряду с полноценным кормлением являются определяющим фактором в обеспечении здоровья животных, их воспроизводительной способности и получении от них максимального количества продукции высокого качества.

По мнению ученых, специалистов животноводства и технологов, продуктивность животных на 50...60% определяется кормами, на 15...20% – уходом и на 10...30%– микроклиматом в животноводческом помещении. Отклонение параметров микроклимата от установленных оптимальных пределов приводит к сокращению удоев молока на 10...20%, прироста живой массы – на 20...35%, расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий, снижению устойчивости животных к заболеваниям [1, 2].

Осушая воздух фермы от влаги, путем естественного холода, мы можем повысить продуктивность животных, а так же снизить требуемый воздухообмен.

Мы предлагаем взять за основу, разработанную авторским коллективом, технологическую схему формирования оптимального микроклимата, одним из элементов которой является воздухоосушитель, работающий с использованием естественного холода (рисунок 1).

OXIDATION PROTECTION OF GRAPHITE ELECTRODES WITH THE USE OF URAL REGION'S TECHNOGENIC WASTE

Abstract

Optimal composition and technology of protective coatings based on technogenic waste enterprises in the Ural region (JSC "Combine "Magnesite", "Chelyabinsk electrometallurgical combine" Ltd.) was developed. The linear dependence of protective coating properties on the content of silicon and others metals forming carbides was found. Reduction oxidizability graphitized specimens based needle coke for more than 50 % was achieved.

Keywords: oxidation, antioxidant defense, the lateral surface of graphite electrode techogenic waste, sodium silicate.

В работе показана возможность использования техногенных отходов Уральского региона в технологии производства защитных покрытий графитированных электродов.

Производство графитированных электродов относится к числу энергоемких, продолжительных и экологически небезопасных производств, что обуславливает постоянный рост их стоимости. В связи с этим проблема снижения удельного расхода электродов, выявление причин естественного и повышенного их расхода с целью совершенствования технологии изготовления и оптимизации условий их эксплуатации приобретает все большую актуальность. [1]

На Южном Урале скопилось более трех миллиардов тонн техногенных отходов, наносящих непоправимый вред окружающей среде. Ежегодно добавляется более 90 миллионов тонн. Из них перерабатывается только половина. Это шлаковые отходы металлургических производств и золошлаковые продукты сжигания твердого топлива на различных ТЭЦ. В развитых странах перерабатывается от 40% до 70% подобных отходов. В России перерабатывается лишь около 10% техногенных отходов. [2]

Основные потери графитированных электродов в электродуговых печах приходятся на боковое окисление (до 70 %). В связи с этим, была разработана технология защиты боковой поверхности, заключающаяся в нанесении двухслойного покрытия, первый слой которого – жидкое стекло, второй – жидкое стекло с наполнением. В качестве наполнителя использовались техногенные отходы Уральского региона: ОАО «Комбинат Магнезит» – корка, шлаки ферросплавного производства ООО «Челябский электрометаллургический комбинат».

В ходе работы были исследованы элементный состав и форма частиц техногенных отходов на электронном растровом микроскопе «JEOL» JSM-6460 LV. Проведены исследования устойчивости покрытий к боковому окислению на лабораторных образцах. Установлена линейная зависимость эффективности защитного покрытия от содержания карбидообразующих металлов (кремний, железо, марганец), выявлено отрицательное воздействие кислорода оксидов на защитные свойства покрытия, разработан оптимальный компонентный состав паст для покрытий, предложена технология защиты боковой поверхности графитированного электрода. Наиболее эффективным из техногенных отходов оказался силикомарганец, отличающийся наибольшим содержанием карбидообразующих металлов ~95 % (Mn ~57%, Fe ~29 %, Si ~9 %) и отсутствием кислорода. Потеря массы составила ~26 %, против ~54 % без покрытия. Возможно, защитные свойства формируются за счет образования на поверхности графита карбидов этих металлов, которые нейтрализуют активные центры окисления. [3]

В работе отмечено, что использование техногенных отходов в качестве наполнителей паст для покрытий существенно улучшит экологическую обстановку региона и благоприятно отразится на экономике металлургического производства.

В результате выполненных работ техногенные отходы Челябинской области из отходов превратятся в сырье для получения защитного покрытия, используемого повсеместно на металлургических предприятиях России (по крайней мере).

В перспективе для промышленного внедрения предварительно должны быть изготовлены опытно-промышленные партии электродов с разработанным защитным покрытием и проведены натурные опытно-промышленные испытания в сравнении с непокрытыми при эксплуатации на электросталеплавильных печах.

Существуют возможности использования разработанного состава защитных покрытий на российских предприятиях – изготовителях графитированных электродов: (ОАО «Новочеркасский электродный завод», ОАО «Новосибирский электродный завод», электродное производство ОАО «Челябский электрометаллургический завод») путем подготовки и нанесения защитного покрытия после механической обработки на боковую поверхность графитированных электродов.

Но более эффективно организовать участок подготовки электродов к эксплуатации, а именно, участок нанесения защитного покрытия на предприятиях со сверхмощными электросталеплавильными печами (ОАО «Волжский трубный завод», ОАО «Северсталь», ОАО «Орско-Халиловский металлургический комбинат» и др.), работающими на высокоплотных импортных графитированных электродах или отечественных графитированных электродах, но на основе импортного игольчатого кокса.

Литература

1. Апалькова Г.Д. Эксплуатация графитированных электродов на предприятиях металлургического комплекса России. Проблемы и пути их решения / Г.Д. Апалькова, И.И. Просвирина, В.Е. Рошин, В.С. Галян, С.Е. Вдовин // Металлургия, 2002. – № 10. – С. 146-148.

2. На Южном Урале скопилось более 3 млн тонн техногенных отходов [Электронный ресурс] www.mediazavod.ru/articlec/105137 (дата обращения 29.09.2014).

3. Козырев, Н.А. Пофакторный анализ изменения удельного расхода графитированных электродов / Н.А. Козырев, А.Б. Тверской, Т.П. Захарова, Д.Б. Бойков // Электрометаллургия, 2010. – №12. – С. 24-28.

References

1. Apal'kova G.D. Jekspluatacija grafitirovannyh jelektrodiv na predpriyatijah metallurgicheskogo kompleksa Rossii. Problemy i puti ih reshenija / G.D. Apal'kova, I.I. Prosvirina, V.E. Roshhin, V.S. Galjan, S.E. Vdovin // Metallurgija, 2002. – № 10. – S. 146-148.

2. Na Juzhnom Urale skobilos' bolee 3 mln tonn tehnogennyh othodov [Elektronnyj resurs] www.mediazavod.ru/articlec/105137 (data obrashhenija 29.09.2014).

3. Kozyrev, N.A. Pofaktornyj analiz izmenenija udel'nogo rashoda grafitirovannyh jelektrodiv / N.A. Kozyrev, A.B. Tverskoj, T.P. Zaharova, D.B. Bojkov // Jeletrometallurgija, 2010. – №12. – S. 24-28.

Карпов В. М.

Доктор технических наук, профессор, ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр», Москва, Россия

ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ АППРОКСИМАЦИЯ И ПРОБЛЕМЫ ТОЧНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Аннотация

В статье рассматривается возможность перехода от вероятностных оценок к оценкам погрешности. Важность подобного подхода возрастает с развитием информационных систем для активного контроля в производственных условиях, для систем адаптивного управления, в том числе при работе систем в условиях эксплуатации технически сложных и опасных объектов.

Ключевые слова: регрессия, эмпирические данные, аппроксимация.

Karpov VM

Doctor of Technical Sciences, Professor, JSC "RII" Spectrum ", Moscow, Russia

POLYNOMIAL APPROXIMATION AND ACCURACY PROBLEMS IN THE PROCESSING OF EXPERIMENTAL DATA

The possibility of a transition from probability estimates to estimates of error. The importance of this approach increases with the development of information systems for the active control in a production environment, adaptive control systems, including the operation of the systems in operation is technically difficult and dangerous objects.

Keywords: regression, empirical data, approximation.

Восстановление регрессии на основе эмпирических данных заставляет решать три основных задачи:

1. Подбор множества аппроксимирующих формул.
2. Оценка параметров регрессионной функции.
3. Оценка близости регрессии к искомой истинной (действительной) функции, т. е. определение точности регрессии.

Для построения моделей часто прибегают к использованию алгебраических полиномов. Методы оценки качества моделей и их параметров базируются на вероятностных характеристиках, например на плотности гауссовского распределения и его параметров. Вместе с тем, оценка близости регрессии к действительной функции может быть реализована только при получении информации о реальном отклонении положения регрессионной функции относительно искомой действительной функции, т. е. необходима информация о погрешности в C или L_p -метрике, как это решается в задачах классической математики, а не в прикладной статистике. В технических системах особенно остро стоит вопрос о представлении результатов в указанных метриках, поскольку инженеру необходимы данные, характеризующие оценки точности измеряемых величин и только во вторую очередь – получение оценок вероятностных характеристик.

Актуальность перехода от вероятностных оценок к оценкам точностным возрастает с развитием информационных систем для активного контроля в производственных условиях, для систем адаптивного управления, в том числе при работе систем в условиях эксплуатации объектов энергетических, пожаро и взрывоопасных, когда контролируемые параметры в режиме реального времени достигают границ полей допусков и выходят за их предельные значения. Высокая точность информации в этом случае обеспечивает гарантирование правильного принятия решения автоматизированной системой управления и вероятностные характеристики здесь становятся неуместными или избыточными.

В работе [1] было показано, что с помощью виртуального компьютерного эксперимента удалось обнаружить, что уравнение регрессии должно содержать систематическую составляющую погрешности даже в том случае, когда в исходных экспериментальных данных она отсутствует. Основным источником систематической составляющей является субъективный некорректный выбор аппроксимирующей функции.

На рисунке 1 условные обозначения переменных представлены следующим образом:

DCm – среднее по диапазону измерения hd значение систематической составляющей погрешности регрессии (приведенная погрешность).

$DnCm$ – приведенная погрешность невязки (определена аналогично).

$P_1, P_2 \dots$ - символы, указывающие на степень аппроксимирующего алгебраического многочлена.

Символы m и max указывают на среднее и наибольшее значение составляющей погрешности в пределах интервала изменения аргумента регрессионной функции.

E – символ, обозначающий емкостный преобразователь перемещения.

V – вектор точечной оценки погрешности рассматриваемого полинома.

На рисунке 1 приведены диаграммы следующих векторов:

- $VDnCmhdE$ – вектор точечных оценок средних значений невязок для полиномов 2 – 5^й степени.
- $VDCmhdE$ – вектор точечных оценок средних значений систематических составляющих погрешностей для полиномов 2 – 5^й степени.
- $VDCmaxhdE$ – вектор точечных оценок максимальных значений систематических составляющих погрешностей для полиномов 2 – 5^й степени.

Анализ трех векторов для полиномов 2 – 5-й степеней показывает, что вектор невязок (переменная составляющая погрешности регрессии) монотонно уменьшается с возрастанием степени полинома, следовательно, наилучшее решение – это выбор полинома 5-й степени в качестве аппроксимирующей функции. Однако, учитывая наличие систематической составляющей погрешности, весьма значительное преимущество полинома 3-й степени становится очевидным, а значит, выбор аппроксимирующего полинома следует выполнять, только производя анализ систематических составляющих на всем рассматриваемом множестве аппроксимирующих функций.

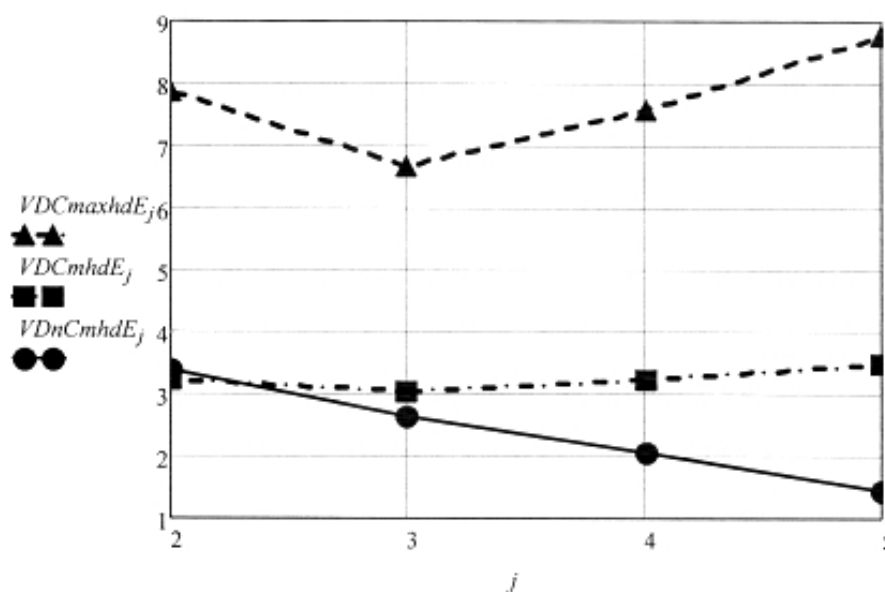


Рис. 1 - Зависимости векторов средних и максимальных значений систематических составляющих погрешности регрессии и средних значений невязки от степени аппроксимирующего полинома

$$VDnChdE := \begin{pmatrix} \text{mean}(DnCP1m) \\ \text{mean}(DnCP2m) \\ \text{mean}(DnCP3m) \\ \text{mean}(DnCP4m) \\ \text{mean}(DnCP5m) \\ \vdots \end{pmatrix} \quad VDCmhdE := \begin{pmatrix} \text{mean}(DCP1m) \\ \text{mean}(DCP2m) \\ \text{mean}(DCP3m) \\ \text{mean}(DCP4m) \\ \text{mean}(DCP5m) \\ \vdots \end{pmatrix} \quad VDCmaxhdE := \begin{pmatrix} \text{mean}(DCP1max) \\ \text{mean}(DCP2max) \\ \text{mean}(DCP3max) \\ \text{mean}(DCP4max) \\ \text{mean}(DCP5max) \\ \vdots \end{pmatrix}$$

Литература

1. Карпов В. М., Анализ эмпирических данных в технической диагностике. 20 Всероссийская научно-техн. конф. по неразрушающему контролю и технической диагностике: тезисы докладов, доклады. Москва, 3-6 марта 2014 г. – М.: Издательский дом «Спектр», 2014 – 512 с. ил.
2. Карпов В.М., ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ. Программные продукты и системы. 2009. № 2. С. 16

References

1. Karpov V. M., Analiz jempiricheskikh dannyh v tehnicheckoj diagnostike. 20 Vserossijskaja nauchno-tehn. konf. po nerazrushajushhemu kontrolju i tehnicheckoj diagnostike: tezisы dokladov, doklady. Moskva, 3-6 marta 2014 g. – M.: Izdatel'skij dom «Spektr», 2014 – 512 s. il.
2. Karpov V.M., FUNKCII PREOBRAZOVANIJa V METROLOGICHESKOM MODELIROVANII. Programmnye produkty i sistemy. 2009. № 2. S. 16

Кочетов О.С.

Профессор, Московский государственный университет приборостроения и информатики; Доктор технических наук,
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ

Аннотация

В работе рассмотрена методика расчета взрывных нагрузок на технологическое оборудование, здания и сооружения при воздействии внешних и внутренних аварийных, взрывоопасных факторов. Приводятся конструкции разработанных средств для обеспечения взрывопожаробезопасной работы оборудования в технологических цепочках современного производства. Исследованы параметры предложенных конструкций взрывозащитного устройства.

Ключевые слова: взрывные нагрузки, технологическое оборудование, здания и сооружения, взрывозащитное устройство, сбросное отверстие, скорость распространения пламени.

Kochetov O.S.

Professor of "Ecology and Health and Safety" chair of the Moscow state university of instrument making and informatics,
CALCULATION OF PARAMETERS OF EXPLOSION-PROOF DEVICES

Abstract

In work the method of calculation of explosive loads of processing equipment, buildings and constructions is considered at influence of external and internal emergency, explosive factors. Designs of the developed means for ensuring fire and explosion safe work of the equipment are given in technological chains of modern production. Parameters of the offered designs of the explosion-proof device are investigated.

Keywords: explosive loadings, processing equipment, buildings and constructions, explosion-proof device, waste opening, speed of distribution of a flame.

Физические аспекты развития взрывной аварии и математические модели, адекватно описывающие динамику формирования взрывной нагрузки, рассмотрены в работах [1-10]. Аварийные взрывы внутри зданий и помещений характеризуются не детонационным, а дефлаграционным типом взрывного превращения (рис.1).

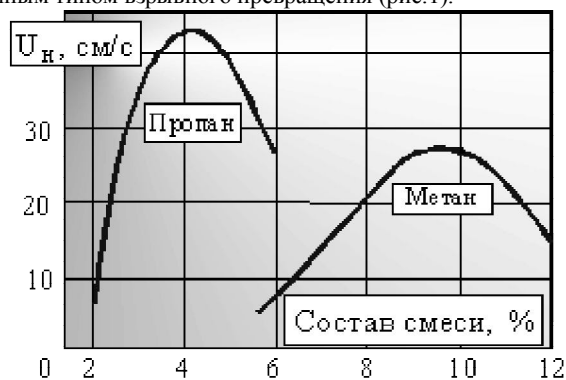


Рис.1. Зависимости скорости нормального горения от концентрации горючего в смеси.

Максимальное значение скорости нормального горения U_n наблюдается при определенном процентном содержании горючего газа в смеси, а скорость распространения пламени существенно меньше скорости звука, при дефлаграционном взрыве реализуется принцип квазистатичности избыточного давления, который заключается в независимости взрывной нагрузки от пространственной координаты.

Для снижения избыточного давления до безопасного уровня в помещениях используют предохранительные конструкции (ПК): остекленные оконные проемы или легкосбрасываемые конструкции (ЛСК). При подходе пламени к сбросному проему происходит резкое изменение плотности истекающих газов, что приводит к появлению во временной зависимости давления первого максимума (рис.2). Второй пик давления соответствует максимальной площади фронта пламени при установившемся процессе истечения через сбросные проемы продуктов сгорания. Величина избыточного давления для любого момента времени определяется темпом роста давления, вызванного выделением продуктов сгорания.

Создание методов расчета взрывных нагрузок на технологическое оборудование, например сосудов, работающих под давлением, а также средств их защиты: взрывных клапанов и мембран для взрывозащиты технологического оборудования, является актуальным вопросом. Кроме того, воздействие внешних и внутренних аварийных факторов на здания и сооружения также требует

разработки средств защиты для обеспечения взрывопожаробезопасной работы оборудования в технологических цепочках, и создания более эффективных предохранительных и легкобрасываемых конструкций [19-35].

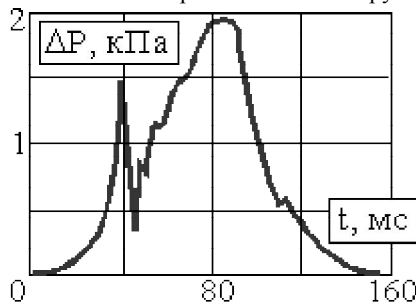


Рис.2. Типичная осциллограмма избыточного давления при дефлаграционном взрыве в кубическом объеме.

При расчете требуемой площади проходного сечения взрывозащитного устройства для сброса давления взрыва необходимо выполнить следующее условие: повышение давления в защищаемом объеме при горении среды должно быть полностью компенсировано снижением давления вследствие истечения газов через сбросное отверстие, для этого необходимо удалять в единицу времени из объема количество газов, определяемое формулой [4,6]

$$G = F u \rho (\varepsilon - 1), \quad (1)$$

где F – поверхность фронта пламени; u – нормальная скорость распространения фронта пламени; ρ – плотность удаляемого газа; ε – степень расширения газов при сгорании.

Величины F , ρ и ε в процессе сгорания и изменения давления также изменяются, но зададимся значением этих величин для наиболее опасного случая, отмечая эти величины индексом m ,

$$G_m = F_m u \rho_m (\varepsilon_m - 1). \quad (2)$$

Предельное значение плотности газа можно выразить формулой:

$$\rho_m = \rho_0 (P_m / P_0)^{1/\gamma}, \quad (3)$$

где P – абсолютное значение давления в защищаемом объеме; $\gamma = C_p / C_v$ – показатель адиабаты; C_p и C_v – средние теплоемкости газов соответственно при постоянном давлении и постоянном объеме; индекс «0» обозначает начальные значения параметров.

При определении ρ_m принято, что через сбросное отверстие истекает холодный горючий газ, а не продукты сгорания. Площадь сбросного отверстия должна быть рассчитана таким образом, чтобы при самых неблагоприятных условиях давление в защищаемом объеме не превысило наперед заданной величины P_m .

Степень расширения газов при сгорании изменяется в зависимости от их температуры. При адиабатическом сжатии горючего газа в процессе развития взрыва величину ε_m можно выразить в зависимости от давления в соответствии с уравнением:

$$\varepsilon_m = 1 + (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(1-\gamma)/\gamma}. \quad (4)$$

Для эффективной взрывозащиты любого объекта, обусловленной сбросом давления взрыва, необходимо, чтобы предохранительное устройство могло обеспечить расход газов не менее

$$G_m = F_m u \rho_0 (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}. \quad (5)$$

Из газодинамики известно, что массовый расход газа под давлением P_m через отверстие может быть выражен следующим образом:

при докритическом режиме истечения, когда $\beta > (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$.

$$G_m = \alpha S P_m \sqrt{\frac{2M}{RT} \frac{\gamma}{\gamma-1} (\beta^{2/\gamma} - \beta^{(\gamma+1)/\gamma})} \quad (6)$$

при надкритическом режиме, когда $\beta \leq (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$,

$$G_m = \alpha S P_m \sqrt{\frac{\gamma M}{RT} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} \quad (7)$$

где α – коэффициент истечения сбросного отверстия; S – площадь проходного сечения сбросного отверстия; $\beta = P'/P_m$ – максимальный относительный перепад давлений на сбросном отверстии; P' – абсолютное давление в пространстве, в которое происходит истечение газов (если сброс газов осуществляется в атмосферу, то $P'=0,1$ МПа); M – молекулярная масса газа; T – абсолютная температура сбрасываемого газа; R – универсальная газовая постоянная.

Величина P_m , как уже отмечалось, определяется прочностью защищаемого объекта и представляет собой максимальное давление, которое может быть допущено из условия прочности объекта. Введением этой величины в формулы (6) и (7) по существу и выражается условие максимума массового расхода G_m .

Сопоставляя правые части формул (5), (6) и (7), можно получить соотношения для площади проходного сечения устройств сброса давления взрыва:

для случая докритических режимов истечения, когда $\beta > (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$

(8)

$$S \geq \frac{F_m u \rho_0 (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}}{\alpha P_m \sqrt{\left(\frac{2M}{RT} \frac{\gamma}{\gamma-1} \right) (\beta^{2/\gamma} - \beta^{(\gamma+1)/\gamma})}}$$

для случая надкритических режимов истечения, когда $\beta \leq (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$.

$$S \geq \frac{F_m u \rho_0 (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}}{\alpha P_m \sqrt{\frac{\gamma M}{RT} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}} \quad (9)$$

где F_m – максимальная поверхность фронта пламени $F_m = \chi F_m^0$;

F_m^0 – максимальная поверхность пламени, найденная геометрически в предположении, в первом приближении, что от точки поджога пламя распространяется во все стороны с одинаковой скоростью и поэтому имеет сферическую форму; χ – коэффициент искривления фронта пламени.

Для сосудов цилиндрической формы с отношением длины к диаметру больше единицы величина F_m равна поверхности сферы, вписанной в цилиндрическую часть сосуда.

Производственные помещения чаще всего имеют форму прямоугольного параллелепипеда. Если размеры такого помещения обозначить А, В и С, причем $A \leq B \leq C$, то в случае инициирования горения в геометрическом центре объема максимальную поверхность фронта пламени можно выразить [8, 14-18]

$$F_m^0 = \pi AB,$$

т. е. она не зависит от размера С и определяется только площадью поперечного сечения здания.

Наиболее неблагоприятный случай реализуется, когда через сбросное отверстие истекают не продукты сгорания, а холодные газы. Из этого следует, что температуру истекающих газов в формулах (8) и (9) можно выразить

$$T = T_0 (P_m / P_0)^{(\gamma-1)/\gamma}.$$

Степень расширения газов ε при сгорании по существу представляет собой отношение температуры продуктов сгорания к температуре горючей смеси, и поэтому ее легко вычислить по тепловому эффекту химической реакции горения. Для практических инженерных расчетов значительно более удобно пользоваться не величиной ε , а функционально связанной с ней степенью повышения давления при взрыве в замкнутом объеме

$$v = 1 + \gamma(\varepsilon - 1),$$

так как она входит в перечень так называемых стандартных параметров пожаровзрывоопасности веществ, определяется экспериментально и содержится в справочной литературе [3]. С учетом того, что связь между v и ε_0 устанавливается зависимостью $\varepsilon_0 - 1 = (v-1)/\gamma$ (10)

Тогда расчетные формулы для определения площади сбросных отверстий в окончательном виде можно записать следующим образом:

для докритического режима истечения

$$S \geq \frac{\chi F_m^0 u (v-1)}{\alpha \gamma \left(\frac{P_m}{P_0} \right)^{\frac{3}{2} \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right)} \sqrt{\frac{2RT_0}{M} \left(\frac{\gamma}{\gamma-1} \right) \left(\beta^{\frac{2}{\gamma}} - \beta^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right)}} \quad (11)$$

для надкритического режима истечения

$$S \geq \frac{\chi F_m^0 u (v-1)}{\alpha \gamma \left(\frac{P_m}{P_0} \right)^{\frac{3}{2} \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right)} \sqrt{\frac{\gamma RT_0}{M} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}} \quad (12)$$

Полученные расчетные формулы можно использовать как в расчете взрывных клапанов и мембран для взрывозащиты технологического оборудования, так и в расчете легко сбрасываемой кровли и вышибных проемов для взрывозащиты зданий.

На ПЭВМ в компьютерной среде «Excel» были установлены зависимости (рис.3 и рис. 4) для определения диаметра сбросного отверстия взрывного клапана для защиты цилиндрического сосуда диаметром $D=1,8$ м и высотой $H=4$ м от взрыва паров ацетона, а также выявлена закономерность изменения диаметра сбросного отверстия от скорости распространения пламени.

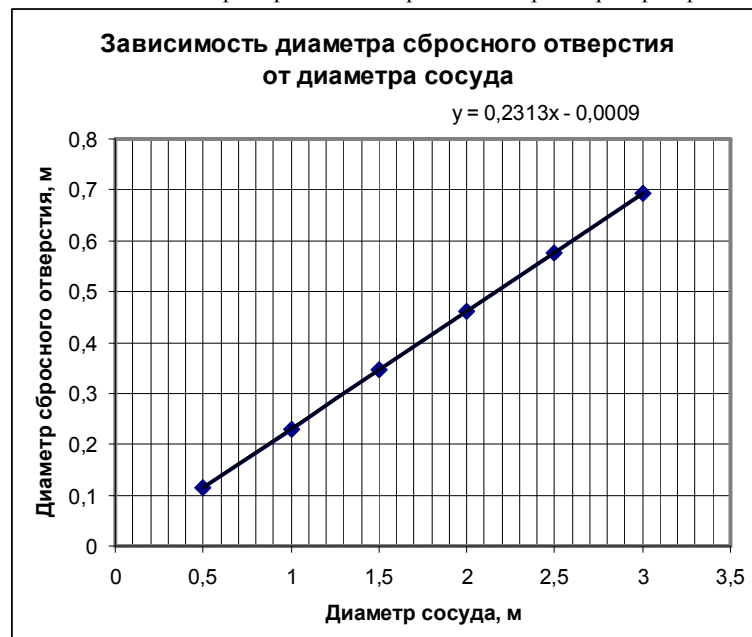


Рис. 3. Зависимость диаметра сбросного отверстия от диаметра защищаемого сосуда.

При анализе полученных результатов были выявлены следующие закономерности:

1) Зависимость диаметра сбросного отверстия от диаметра защищаемого сосуда определяется как линейная и характеризуется следующей, полученной в результате аппроксимации формулой

$$d = 0,2313D - 0,0009,$$

2) Зависимость изменения диаметра сбросного отверстия от скорости распространения пламени характеризуется следующей, полученной в результате аппроксимации степенной зависимостью

$$d = 0,636u^{0,5017}.$$

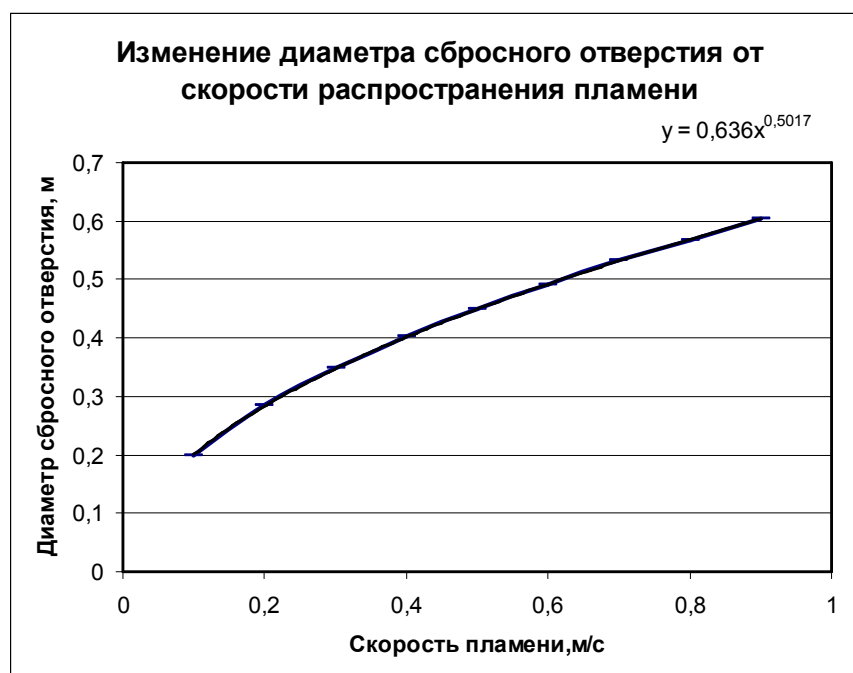


Рис. 4. Зависимость изменения диаметра сбросного отверстия взрывного клапана от скорости распространения пламени паров ацетона в цилиндрическом сосуде диаметром $D = 1,8$ м и высотой $H = 4$ м.

На рис.5 представлена общая схема взрывозащитного производственного здания, состоящего из, расположенного на слое грунта, фундамента, на котором установлено взрывоопасное и пожароопасное оборудование. В ограждениях (боковых и верхних) производственного здания выполнены взрывозащитные элементы: для боковых ограждений – в виде предохранительных разрушающихся конструкций ограждения зданий (рис.6), а для верхних ограждений – в виде взрывозащитной плиты на кровле или чердачном перекрытии здания (рис.8).

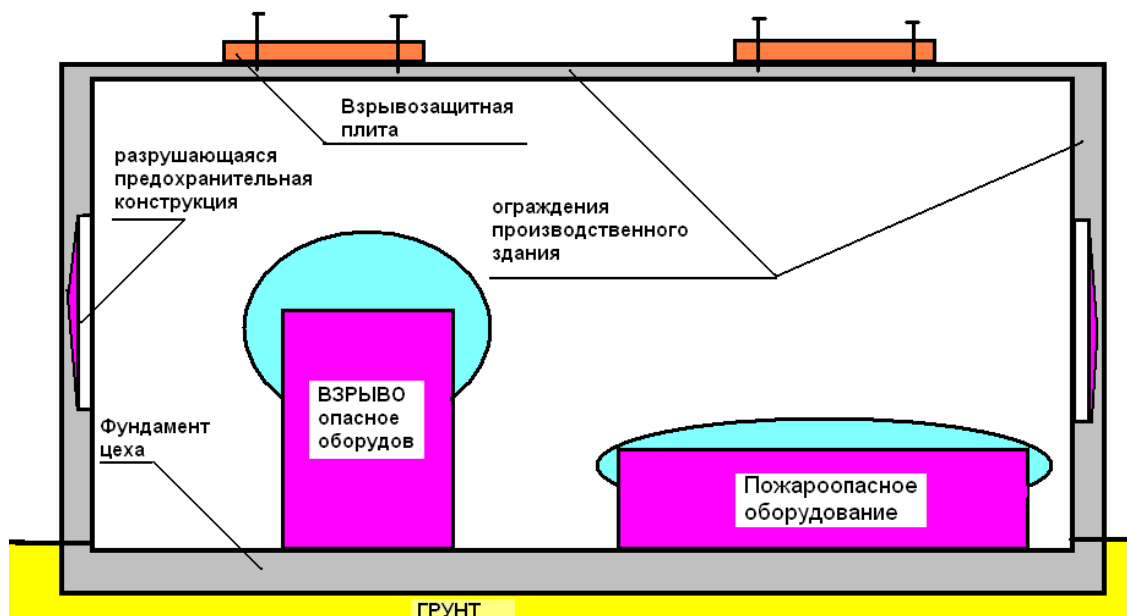


Рис.5. Общая схема взрывозащитного производственного здания.

Разрушающаяся часть (рис.6) выполнена в виде, по крайней мере, двух коаксиально расположенных ниш (углублений в стене здания), одна из которых, внешняя 1 образована плоскостями 2,3,4,5 правильной четырехугольной усеченной пирамидой с прямоугольным основанием, а другая – внутренняя представляет собой две наклонные поверхности 6 и 7, соединенные ребром 8, с образованием паза, при этом толщина стены от ребра 8 до внешней поверхности ограждения здания должна быть не менее $\delta = 20$ мм. За счет этих пазов в стене здания, при воздействии ударной, взрывной нагрузки этот участок стены может быть разделен на отдельные части. Соединение разрушающихся частей панели в пазах производится арматурой (на чертеже не показано) с таким расчетом, чтобы плиты не деформировались при перевозке, монтаже и ветровой нагрузке.

Углубления в стене здания (ниши), одна из которых, внешняя образована плоскостями 2,3,4,5 правильной четырехугольной усеченной пирамидой с прямоугольным основанием, а другая – внутренняя представляет собой две наклонные поверхности 6 и 7, соединенные ребром 8, могут быть заполнены тепло-звукопоглощающим материалом 10 и закрыты декоративной, легко разрушающейся при взрыве, панелью 11.

Для большинства газо-воздушных смесей (ГВС) максимальное давление взрыва в замкнутом объеме p_{\max} при $\mu = 1$ составляет $0,7 \div 1,0$ МПа, т. е. в $6 \div 9$ раз превышает атмосферное давление. Такое давление создает нагрузку, существенно превышающую несущую способность конструкций (стен, перекрытий) промышленных зданий. Очевидно, что такое большое давление допускать нельзя. Для этого при разработке проекта производства предусматриваются проемы. На рис.7 представлен характер изменения давления Δp от времени t при горении горючих смесей внутри помещения: $\Delta p_{\text{вск}}$ – давление, вызывающее вскрытие предохранительных конструкций (ПК); $\Delta p_{\text{доп}}$ – допускаемое давление в помещении ($\Delta p_{\text{доп}} = 5$ кПа); 1 – динамика изменения давления для помещений с проемами; 2 – динамика изменения давления для помещений с ПК

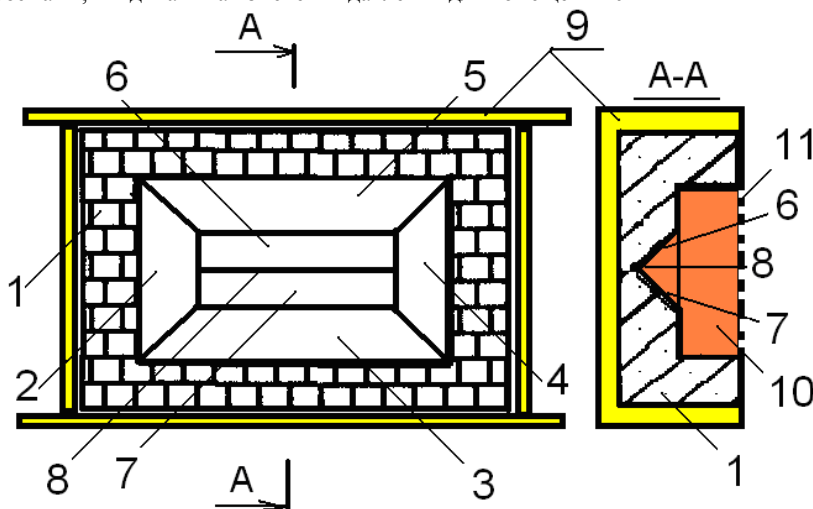


Рис.6. Схема предохранительной разрушающейся конструкции ограждения зданий.

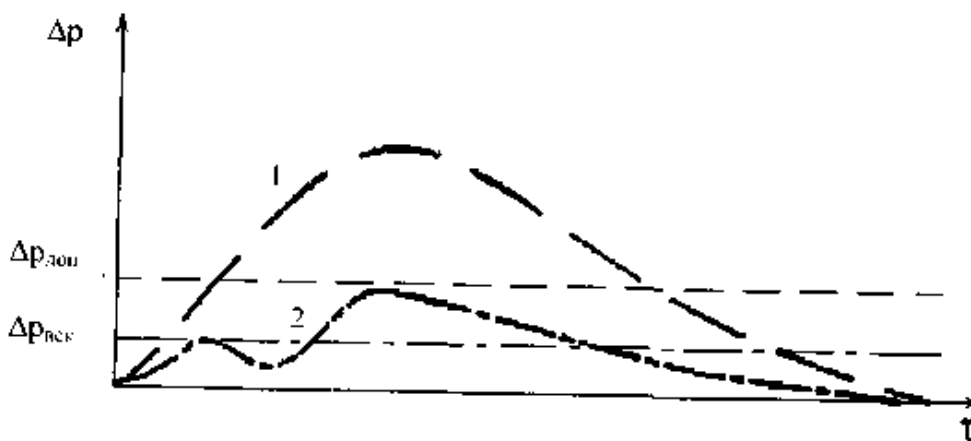


Рис.7. График изменения давления Δp от времени t при горении горючих смесей внутри помещения.

Другой разновидностью предохранительной конструкции являются неразрушающиеся конструкции в виде предохранительных взрывозащитных клапанов [29-32], устанавливаемых на взрыво-пожароопасном технологическом оборудовании и взрывозащитных плит (рис.8), располагаемых, как правило, на кровле или покрытии зданий.

Взрывозащитная плита состоит из бронированного металлического каркаса 1 с бронированной металлической обшивкой 2 и наполнителем - свинцом 3. В покрытии объекта 7 у проема 8 симметрично относительно оси 9 заделаны четыре опорных стержня 4, телескопически вставленные в неподвижные патрубки-опоры 5, заделанные в панели. Для фиксации предельного положения панели к торцам опорных стержней 4 приварены листы-упоры 6. Для того, чтобы сдмпфировать (смягчить) ударные нагрузки при возврате панели наполнитель выполнен в виде дисперсной системы воздух-свинец, причем свинец выполнен по форме в виде крошки, а опорные стержни 4 выполнены упругими. Наполнитель может быть выполнен по форме в виде шарообразной крошки одного диаметра; или в виде шарообразной крошки разного диаметра. Наполнитель может быть выполнен в виде крошки произвольной формы разного диаметрального (максимального по внешнему, произвольной формы, контуру крошки) размера.

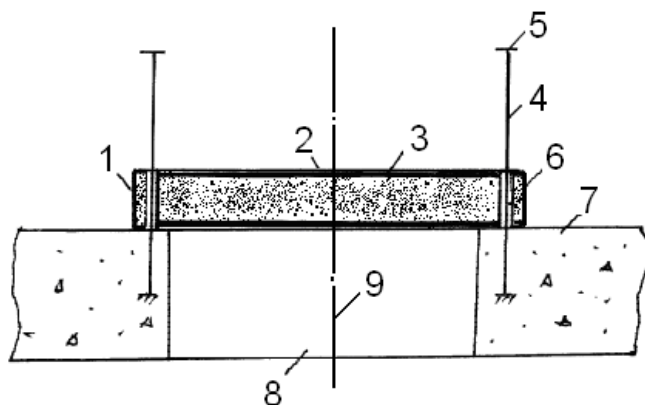


Рис.8. Схема взрывозащитной плиты взрывоопасного объекта.

При взрыве внутри производственного помещения происходит подъем панели от воздействия ударной волны и через образовавшейся открытый проем 8 сбрасывается избыточное давление. После взрыва и спада избыточного давления, опустившись, панель перекрывает проем 8 и вредные вещества не поступают в атмосферу. Для фиксации предельного положения панели служат листы-упоры 5. Для того, чтобы сдмпфировать (смягчить) ударные нагрузки при возврате панели наполнитель металлического каркаса 1 выполнен в виде дисперсной системы воздух-свинец, причем свинец выполнен по форме в виде крошки, а опорные стержни 4 выполнены упругими.

Литература

1. Комаров А.А.. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка их воздействия на здания и сооружения. МГСУ, 2001 г.
2. Методика оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах/ Бодриков О.В., Елохин А. Н., Рязанцев Б.В. - М.: МЧС России, 1994.
3. Методика расчета нагрузок на здания и сооружения при воздействии внешних аварийных дефлаграционных взрывов. Мишуев А. В., Хуснутдинов Д. З. -М.: МИСИ, НТЦ «Взрывоустойчивость», 2004. - 65 с.
4. Кочетов О.С. Методика расчета требуемой площади сбросного отверстия взрывозащитного устройства. Журнал «Пожаровзрывобезопасность», № 6, 2009, стр.41-47.
5. Гетия С.И., Кочетов О.С. Эффективность взрывозащитных устройств в технологических процессах. М.: МГУПИ, «Вестник МГУПИ», серия «Машиностроение», № 24, 2009. С.92-104.
6. Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств. Журнал «Безопасность труда в промышленности», № 4, 2010, стр.43-49.
7. Баранов Е.Ф., Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств для объектов водного транспорта /Речной транспорт (XXI век). № 3, – 2010. С.66-71.
8. Кочетов О.С. Расчет конструкций взрывозащитных устройств. Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>). Выпуск № 3 (49), 2013 г.
9. Кочетов О.С., Новиков В.К., Баранов Е.Ф., Маслов И.В. Повышение взрывобезопасности на объектах водного транспорта// Речной транспорт (XXI век). № 2, – 2014. С. 40-43.
10. Кочетов О.С. Теоретические исследования развития взрыва в замкнутых и полужамкнутых объемах// Научные аспекты глобализационных процессов: сборник статей Международной научно-практической конференции (23 сентября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. – 100с. С. 7-13.
11. Кочетов О.С. Методика стендовых испытаний взрывозащитных мембран// Техника и технологии: Пути инновационного развития [Текст]: Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции (30 июня 2014 г.)/ редкол.: Горохов А.А. (отв.Ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2014. – 271с., С. 166-173.
12. Кочетов О.С. Исследование эффективности взрывозащитных устройств// Современное общество, образование и наука: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 июня 2014 г.: в 9 частях. Часть 5. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. 164с. С. 78-80.
13. Кочетов О.С. Способ взрывозащиты производственных зданий// Современное общество, образование и наука: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 июня 2014 г.: в 9 частях. Часть 5. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. 164с. С. 80-82.
14. Кочетов О.С., Новиков В.К., Маслов И.В. Безопасность заправки сжиженным природным газом, используемым в качестве топлива на судах водного транспорта// В мире научных исследований: материалы VI Международной научно-практической конференции (5 июля 2014 г., г.Краснодар)/отв.ред.Т.А. Петрова. – Краснодар, 2014. – 106с., С. 27-31.
15. Кочетов О.С. Предохранительные элементы в защитных конструкциях взрывоопасных объектов// Наука и образование XXI века: сборник статей Международной научно-практической конференции (29 августа 2014 г., г.Уфа). – Уфа: Аэтерна, 2014. – 146с., С. 17-22.
16. Кочетов О.С. Способ определения эффективности взрывозащиты// Инновационные процессы современности: сборник статей Международной научно-практической конференции (18 сентября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. – 144с. С. 27-30.
17. Кочетов О.С. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов// Инновационные процессы современности: сборник статей Международной научно-практической конференции (18 сентября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. – 144с. С. 30-35.
18. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н. Эффективность взрывозащитных устройств// Техника и технологии: Пути инновационного развития [Текст]: Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции (30 июня 2014 г.)/ редкол.: Горохов А.А. (отв.Ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2014. – 271с., С. 145-151.
19. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Панарин Т.В., Гетия И.Г., Гетия С.И., Панферова Г.Н., Леонтьева И.Н. Предохранительный клапан с разрывным элементом// Патент РФ на изобретение № 2379569. Опубликовано 10.01.2010. Бюллетень изобретений № 1.
20. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Панарин Т.В., Гетия И.Г., Гетия С.И., Панферова Г.Н., Леонтьева И.Н. Взрывозащитный клапан// Патент РФ на изобретение № 2379569. Опубликовано 20.01.2010. Бюллетень изобретений № 2.
21. Кочетов О.С. Клапан с огнепреградителем // Патент РФ на изобретение № 2384783. Опубликовано 20.03.2010. Бюллетень изобретений № 8.
22. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Кривченко Л.М., Скребенкова Л.Н., Шумилин В.К. Кассетный огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2386462. Опубликовано 20.04.2010. Бюллетень изобретений № 11.
23. Кочетов О.С. Насадочный огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2389522. Опубликовано 20.05.2010. Бюллетень изобретений № 14.
24. Кочетов О.С. Сухой огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2389523. Опубликовано 20.05.2010. Бюллетень изобретений № 14.
25. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Кривченко Л.М., Скребенкова Л.Н., Шумилин В.К. Кассетный огнепреградитель с радиальными каналами // Патент РФ на изобретение № 2401676. Опубликовано 20.10.2010. Бюллетень изобретений № 29.
26. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов// Патент РФ на изобретение № 2422177. Опубликовано 27.06.2011. Бюллетень изобретений № 18.
27. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н., Стареева М.О. Взрывозащитный клапан для технологического оборудования // Патент РФ на изобретение № 2442052. Опубликовано 10.02.2012. Бюллетень изобретений № 4.
28. Кочетов О.С., Стареева М.О. Противовзрывная панель// Патент РФ на изобретение № 2458212. Опубликовано 10.08.2012. Бюллетень изобретений № 22.
29. Сошенко М.В., Шмырев В.И., Стареева М.О., Кочетов О.С. Устройство для защиты зданий и сооружений с помощью разрушающихся элементов конструкций // Патент РФ на изобретение № 2458213. Опубликовано 10.08.2012. Бюллетень изобретений № 22.
30. Кочетов О.С., Стареева М.О. Способ подбора размера отверстия для легкосбрасываемого элемента конструкции и его массы, предназначенного для защиты зданий и сооружений от взрывов// Патент РФ на изобретение № 2459050. Опубликовано 20.08.2012. Бюллетень изобретений № 23.

31. Кочетов О.С., Акатьев В.И., Сошенко М.В., Шмырев В.И., Тюрин М.П., Стареева М.О. Предохранительная разрушающаяся конструкция ограждения зданий// Патент РФ на изобретение № 2459912. Опубликовано 27.08.2012. Бюллетень изобретений № 24.
32. Сошенко М.В., Шмырев В.И., Стареева М.О., Кочетов О.С. Способ взрывозащиты производственных зданий // Патент РФ на изобретение № 2471936. Опубликовано 10.01.2013. Бюллетень изобретений № 1.
33. Кочетов О.С., Стареева М.О., Стареева М.М. Взрывозащитный клапан для технологического оборудования // Патент РФ на изобретение № 2495313. Опубликовано 10.10.2013. Бюллетень изобретений № 28.
34. Кочетов О.С. Способ определения эффективности взрывозащиты и устройство для его осуществления // Патент РФ на изобретение № 2488074. Опубликовано 20.07.13. Бюллетень изобретений № 20.
35. Дурнев Р.А., Иванова О.Ю., Кочетов О.С. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов // Патент РФ на полезную модель № 134058. Опубликовано 10.11.13. Бюллетень изобретений № 31.

References

1. Komarov A.A.. Prognozirovaniye nagruzok ot avarijnyh deflagracionnyh vzryvov i ocenka ih vozdejstvija na zdaniya i sooruzhenija. MGSU, 2001 g.
2. Metodika ocenki posledstvij avarij na pozharovzryvoopasnyh ob#ektah/ Bodrikov O.V., Elohin A. N., Rjazancev B.V. - M.: MChS Rossii, 1994.
3. Metodika rascheta nagruzok na zdaniya i sooruzhenija pri vozdejstvii vnesnih avarijnyh deflagracionnyh vzryvov. Mishuev A. V., Husnutdinov D. 3. -M.: MISI, NTC «Vzryvoustojchivost'», 2004. - 65 s.
4. Kochetov O.S. Metodika rascheta trebuemoj ploshhadi sbrosnogo otverstija vzryvozashhitnogo ustrojstva. Zhurnal «Pozharovzryvobezopasnost'», № 6, 2009, str.41-47.
5. Getija S.I., Kochetov O.S. Jefferktivnost' vzryvozashhitnyh ustrojstv v tehnologicheskikh processah. M.: MGUPI, «Vestnik MGUPI», serija «Mashinostroenie», № 24, 2009. S.92-104.
6. Kochetov O.S. Raschet vzryvozashhitnyh ustrojstv. Zhurnal «Bezopasnost' truda v promyshlennosti», № 4, 2010, str.43-49.
7. Baranov E.F., Kochetov O.S. Raschet vzryvozashhitnyh ustrojstv dlja ob#ektov vodnogo transporta /Rechnoj transport (XXI vek). № 3, – 2010. S.66-71.
8. Kochetov O.S. Raschet konstrukcij vzryvozashhitnyh ustrojstv. Internet-zhurnal "Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti" (<http://ipb.mos.ru/ttb>). Vypusk № 3 (49), 2013 g.
9. Kochetov O.S., Novikov V.K., Baranov E.F., Maslov I.V. Povyshenie vzryvobezopasnosti na ob#ektah vodnogo transporta// Rechnoj transport (XXI vek). № 2, – 2014. S. 40-43.
10. Kochetov O.S. Teoreticheskie issledovanija razvitija vzryva v zamknutyh i poluzamknutyh ob#emah// Nauchnye aspekty globalizacionnyh processov: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (23 sentjabrja 2014 g., g. Ufa). – Ufa: RIO MCII OMEGA SAJNS, 2014. –100s. S. 7-13.
11. Kochetov O.S. Metodika stendovyh ispytaniy vzryvozashhitnyh membran// Tehnika i tehnologii: Puti innovacionnogo razvitija [Tekst]: Sbornik nauchnyh trudov 4-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (30 ijunja 2014 g.)/ redkol.: Gorohov A.A. (otv.Red.); Jugo-Zap.gos.un-t. Kursk, 2014. –271s., S. 166-173.
12. Kochetov O.S. Issledovanie jefferktivnosti vzryvozashhitnyh ustrojstv// Sovremennoe obshhestvo, obrazovanie i nauka: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii 30 ijunja 2014 g.: v 9 chastjah. Chast' 5. Tambov: OOO «Konsaltingovaja kompanija Jukom», 2014. 164s. S. 78-80.
13. Kochetov O.S. Sposob vzryvozashhity proizvodstvennyh zdaniy// Sovremennoe obshhestvo, obrazovanie i nauka: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii 30 ijunja 2014 g.: v 9 chastjah. Chast' 5. Tambov: OOO «Konsaltingovaja kompanija Jukom», 2014. 164s. S. 80-82.
14. Kochetov O.S., Novikov V.K., Maslov I.V. Bezopasnost' zapravki szhizhennym prirodnyim gazom, ispol'zuemym v kachestve topliva na sudah vodnogo transporta// V mire nauchnyh issledovanij: materialy YI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (5 ijulja 2014 g., g. Krasnodar)/otv.red. T.A. Petrova. – Krasnodar, 2014. –106s., S. 27-31.
15. Kochetov O.S. Predohranitel'nye jelementy v zashhitnyh konstrukcijah vzryvoopasnyh ob#ektov// Nauka i obrazovanie XXI veka: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (29 avgusta 2014 g., g. Ufa). – Ufa: Ajeterna, 2014. –146s., S. 17-22.
16. Kochetov O.S. Sposob opredelenija jefferktivnosti vzryvozashhity// Innovacionnye processy sovremennosti: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (18 sentjabrja 2014 g., g. Ufa). – Ufa: RIO MCII OMEGA SAJNS, 2014. –144s. S. 27-30.
17. Kochetov O.S. Sistema sbrasyvanija i likvidacii vzryvoopasnyh i toksichnyh gazov// Innovacionnye procesy sovremennosti: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (18 sentjabrja 2014 g., g. Ufa). – Ufa: RIO MCII OMEGA SAJNS, 2014. –144s. S. 30-35.
18. Kochetov O.S., Getija I.G., Getija S.I., Leont'eva I.N. Jefferktivnost' vzryvozashhitnyh ustrojstv// Tehnika i tehnologii: Puti innovacionnogo razvitija [Tekst]: Sbornik nauchnyh trudov 4-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (30 ijunja 2014 g.)/ redkol.: Gorohov A.A. (otv.Red.); Jugo-Zap.gos.un-t. Kursk, 2014. –271s., S. 145-151.
19. Kochetov O.S., Baranov E.F., Panarin T.V., Getija I.G., Getija S.I., Panferova G.N., Leont'eva I.N. Predohranitel'nyj klapan s razryvnym jelementom// Patent RF na izobretenie № 2379569. Opublikovano 10.01.2010. Bjulleten' izobretenij № 1.
20. Kochetov O.S., Baranov E.F., Panarin T.V., Getija I.G., Getija S.I., Panferova G.N., Leont'eva I.N. Vzryvozashhitnyj klapan// Patent RF na izobretenie № 2379569. Opublikovano 20.01.2010. Bjulleten' izobretenij № 2.
21. Kochetov O.S. Klapan s ognepregraditelem // Patent RF na izobretenie № 2384783. Opublikovano 20.03.2010. Bjulleten' izobretenij № 8.
22. Kochetov O.S., Baranov E.F., Krivchenko L.M., Skrebenkova L.N., Shumilin V.K. Kassetnyj ognepregraditel' // Patent RF na izobretenie № 2386462. Opublikovano 20.04.2010. Bjulleten' izobretenij № 11.
23. Kochetov O.S. Nasadochnyj ognepregraditel' // Patent RF na izobretenie № 2389522. Opublikovano 20.05.2010. Bjulleten' izobretenij № 14.
24. Kochetov O.S. Suhoj ognepregraditel' // Patent RF na izobretenie № 2389523. Opublikovano 20.05.2010. Bjulleten' izobretenij № 14.
25. Kochetov O.S., Baranov E.F., Krivchenko L.M., Skrebenkova L.N., Shumilin V.K. Kassetnyj ognepregraditel' s radial'nymi kanalami // Patent RF na izobretenie № 2401676. Opublikovano 20.10.2010. Bjulleten' izobretenij № 29.
26. Kochetov O.S., Getija I.G., Getija S.I., Leont'eva I.N. Sistema sbrasyvanija i likvidacii vzryvoopasnyh i toksichnyh gazov// Patent RF na izobretenie № 2422177. Opublikovano 27.06.2011. Bjulleten' izobretenij № 18.
27. Kochetov O.S., Getija I.G., Getija S.I., Leont'eva I.N., Stareeva M.O. Vzryvozashhitnyj klapan dlja tehnologicheskogo oborudovanija // Patent RF na izobretenie № 2442052. Opublikovano 10.02.2012. Bjulleten' izobretenij № 4.
28. Kochetov O.S., Stareeva M.O. Protivovzryvnaja panel'// Patent RF na izobretenie № 2458212. Opublikovano 10.08.2012. Bjulleten' izobretenij № 22.
29. Soshenko M.V., Shmyrev V.I., Stareeva M.O., Kochetov O.S. Ustrojstvo dlja zashhity zdaniy i sooruzhenij s pomoshh'ju razrushajushhihsja jelementov konstrukcij // Patent RF na izobretenie № 2458213. Opublikovano 10.08.2012. Bjulleten' izobretenij № 22.

30. Kochetov O.S., Stareeva M.O. Sposob podbora razmera otverstija dlja legkosbrasyvaemogo jelementa konstrukcii i ego massy, prednaznachennogo dlja zashhity zdaniy i sooruzhenij ot vzryvov// Patent RF na izobretenie № 2459050. Opublikovano 20.08.2012. Bjulleten' izobretenij № 23.

31. Kochetov O.S., Akat'ev V.I., Soshenko M.V., Shmyrev V.I., Tjurin M.P., Stareeva M.O. Predohranitel'naja razrushajushhajasja konstrukcija ograzhdeniya zdaniy// Patent RF na izobretenie № 2459912. Opublikovano 27.08.2012. Bjulleten' izobretenij № 24.

32. Soshenko M.V., Shmyrev V.I., Stareeva M.O., Kochetov O.S. Sposob vzryvozashhity proizvodstvennyh zdaniy // Patent RF na izobretenie № 2471936. Opublikovano 10.01.2013. Bjulleten' izobretenij № 1.

33. Kochetov O.S., Stareeva M.O., Stareeva M.M. Vzryvozashhitnyj klapn dlja tehnologicheskogo oborudovanija // Patent RF na izobretenie № 2495313. Opublikovano 10.10.2013. Bjulleten' izobretenij № 28.

34. Kochetov O.S. Sposob opredelenija jeffektivnosti vzryvozashhity i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija // Patent RF na izobretenie № 2488074. Opublikovano 20.07.13. Bjulleten' izobretenij № 20.

35. Durnev R.A., Ivanova O.Ju., Kochetov O.S. Sistema sbrasyvaniya i likvidacii vzryvoopasnyh i toksichnyh gazov // Patent RF na poleznuju model' № 134058. Opublikovano 10.11.13. Bjulleten' izobretenij № 31.

Кулбарак М.А.

Магистрант, Сибирский федеральный университет

ОБ АЛГОРИТМЕ ТАКСОНОМИИ В ЗАДАЧЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Аннотация

Рассматривается задача технической диагностики. Для решения задачи диагностики целесообразно использовать алгоритм распознавания образов без учителя. Для настройки параметров алгоритма предлагается проводить предобработку данных.

Ключевые слова: таксономия, техническая диагностика, повышение качества.

Kulbarakov M.A.

Graduate student, Siberian Federal University

ABOUT TAXONOMY ALGORITHM TO THE PROBLEM OF TECHNICAL DIAGNOSTICS

Abstract

We consider the problem of technical diagnostics. To solve the problem of diagnosis is advisable to use an algorithm for pattern recognition without teacher. To adjust the parameters of the algorithm is proposed to carry out pre-processing of data.

Keywords: taxonomy, technical diagnostics, improving the quality.

Рассмотрим процессы, часто встречающиеся на практике и являющиеся предметом исследования в теории распознавания образов [1]. Типичным для задач технической диагностики, диагностики состояния технологического процесса или объекта, является наличие облачной структуры в пространстве признаков, определяющей тот или иной класс.

Пусть некоторое изделие может быть отнесено к той или иной категории качества в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемым к техническим объектам, функционирование которых предполагает длительный срок эксплуатации без проведения текущего ремонта.

Это изделие характеризуется значениями вектора признаков $v = (v_1, \dots, v_m)$, полученных в результате испытаний и может быть отнесена к одному из двух классов V_1 или V_2 . Задача распознавания образов сводится к построению решающего правила на основе имеющейся обучающей выборки $\{\vec{v}_S = (v_1, \dots, v_S), \vec{U}_S\}$, где U_S указания учителя о принадлежности к V_1 или V_2 , S – объем выборки. На Рис. 1 это иллюстрируется для трехмерного вектора v , $m=3$. Элементы обучающей выборки $\{\vec{v}_S, \vec{U}_S\}$ на рисунке не показаны из соображений простоты. В дальнейшем выборку наблюдений переменных $\{v_S = (v_1, \dots, v_S), U_S\}$ объемом S – будем обозначать $\{\vec{v}_S = (v_1, \dots, v_S), \vec{U}_S\}$.

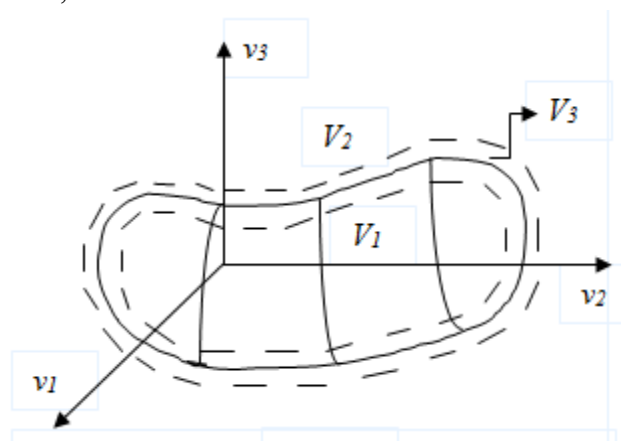


Рис. 1 – Иллюстрация задачи распознавания образов

Спецификой задач диагностики является то, что среди изделий присутствуют «очень хорошие» с точки зрения значений результатов испытаний, «хорошие» и «не очень хорошие». Бракованные изделия, не прошедшие испытания технические объекты в рамках ГОСТ или ТУ исключаются из выборки изделий. Количество классов может быть различным, но независимо от их числа обязательно присутствуют области перемешивания представителей соседних классов. Это изделия, меры принадлежности которых к каждому из двух соседних классов сравнимы по своим численным значениям. Такие детали представляют собой некую пограничную область между переходами из класса в класс, которая на рис.1 обозначена V_3 – область перемешивания изделий разных классов. Можно сказать, что существует область, в которой расположены изделия, для которых сложно определить, к какому именно из имеющихся классов они принадлежат. Это связано с тем, что расстояние между такими изделиями сравнительно мало и не дает оснований для однозначного вывода о принадлежности к определенной группе изделий.

Таким образом, возникает необходимость формулирования задачи распознавания, с выделением пограничного класса изделий. Результаты диагностики следует в дальнейшем использовать для оптимизации технологического процесса производства технических объектов с целью уменьшения числа элементов пограничного класса.

Постановка задачи

Пусть имеется выборка изделий $\{u_1^i, \dots, u_m^i, i = \overline{1, s}\}$ объемом s , каждое из которых характеризуется значениями вектора признаков $u = (u_1, \dots, u_m)$, полученных в результате испытаний. Рассмотрим задачу распознавания образов без учителя, в этом случае отсутствуют указания относительно количества классов или принадлежности изделия к тому или иному классу. Выборку изделий необходимо разделить на группы таким образом, чтобы элементы одной группы имели схожие значения признаков, а элементы разных групп отличались друг от друга.

При эксплуатации ЭРИ в космических аппаратах нет возможности получить информацию о сроке службе, его поломке, поэтому нет сведений о дефектах, возникших в процессе эксплуатации. В этом случае целесообразно применять алгоритмы решения задачи таксономии [2].

Алгоритм решения задачи таксономии

На первоначальном этапе целесообразно провести нормирование и центрирование данных, для того чтобы привести значения к единому интервалу, т.к. шкалы измерения признаков u_1, \dots, u_m могут иметь различные значения. Затем происходит вычисление всех расстояний между объектами выборки с помощью выбранной метрики. В данном случае было взято Евклидово расстояние. Формула многомерного расстояния $d(u^i, u^j)$ между точками u^i и u^j имеет следующий вид:

$$d(u^i, u^j) = \sqrt{\sum_{l=1}^m (u_l^i - u_l^j)^2}. \quad (1)$$

Для полученных расстояний строится гистограмма распределения. На гистограмме можно увидеть значение минимального и максимального расстояния между объектами.

Ниже представлен алгоритм группировки.

1. Из общего объема выборки s выделяем 20% точек, расстояния между которыми наименьшие. Если расстояние $d(u^i, u^j)$ между точками i и j достаточно мало по сравнению с остальными, то такие точки принадлежат одному классу. В данную «малую» выборку могут попасть точки из нескольких групп.

2. Выделяем группы в «малой» выборке. Для этого берем произвольную точку и находим все точки из «малой» выборки, расстояния до которых меньше Δ_1 , затем проделываем данную процедуру со всеми точками, попавшими в группу. После того, как будут найдены все точки, расстояния между которыми меньше Δ_1 , объединяем их в группу. Далее эти точки исключаем из рассмотрения. Повторяем данную процедуру, пока все точки «малой» выборки не будут распределены по группам. Таким образом, мы получим группы, для каждой из которых находим центр. Координаты центра получаем как среднее арифметическое значений по каждому признаку всех точек группы.

3. Теперь рассмотрим оставшуюся выборку (80% точек от общего числа). Если расстояние от центра группы до точки выборки меньше Δ_2 , то считаем, что точка принадлежит данной группе. Такую операцию проводим относительно каждого центра группы.

4. После разделения на группы могут остаться точки, которые не принадлежат ни одной из групп.

Таким образом, для решения задачи группировки с помощью предлагаемого алгоритма необходимо настроить два параметра группировки – Δ_1 и Δ_2 . От величины параметр Δ_1 зависит конечное число групп, Δ_2 – радиус групп. Параметры должны удовлетворять следующему условию: минимальное значение расстояния $(1) < \Delta_1 < \Delta_2 < \text{максимальное значение расстояния}$.

Из соображения простоты на рис. 2 показан случай для двумерного вектора $u = (u_1, u_2)$. В данном случае задача таксономии решается в двумерном пространстве, поэтому визуально легко поверить правильность решения задачи. На рис. 2 показаны точки выборки, где по оси абсцисс отложены значения параметра u_1 , а по оси ординат – u_2 . В результаты работы алгоритма было выделено три группы: они показаны на рис. 2 разными цветами, а также были точки, не принадлежащие ни одной из групп (отмечены квадратами).

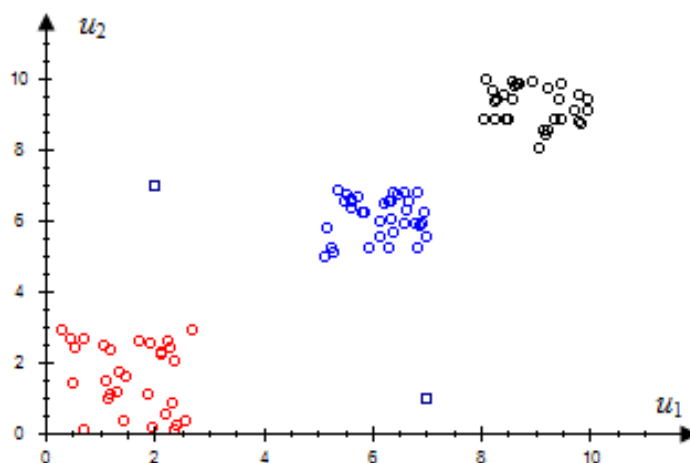


Рис. 2 – Пример работы алгоритма

Число классов может быть различным, однако всегда будут присутствовать точки, которые сложно отнести к какому-либо классу. Такие измерения могут возникнуть вследствие ошибки измерения.

Литература

1. Данилин, Н.С. Диагностика и контроль качества изделий цифровой микроэлектроники. Москва, Издательство стандартов. 1991. – 176с.

2. Орлов В.И., Сергеева Н.А., Чжан Е.А. Техническая диагностика электрорадиоизделий // Труды XII всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16 – 19 июня, 2014. С. 7676 – 7682.

References

1. Danilin, N.S. Diagnostika i kontrol' kachestva izdelij cifrovoy mikroelektroniki. Moskva, Izdatel'stvo standartov. 1991. – 176s.

Бобровский И.Н.¹, Лукьянов А.А.², Севостьянов А.С.³

¹К.т.н., начальник лаборатории, Тольяттинский государственный университет, ²Магистрант, Тольяттинский государственный университет, ³Магистрант, Тольяттинский государственный университет

УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ТЕХНОЛОГИЕЙ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация

В статье рассмотрены разработанные в Российской Федерации устройства для нанесения на поверхности деталей микрорельефа с помощью технологии поверхностно-пластического деформирования.

Ключевые слова: поверхностно-пластическое деформирование, микрорельеф, индентор.

Bobrovskij I.N.¹, Lukyanov A.A.², Sevostyanov A.S.³

¹Ph.D., chief of laboratory, Togliatty State University, ²Undergraduate student, Togliatty State University, ³Undergraduate student, Togliatty State University

DEVICES FOR APPLYING MICRORELIEF USING THE SURFACE PLASTIC DEFORMATION TECHNOLOGY DEVELOPED IN RUSSIAN FEDERATION

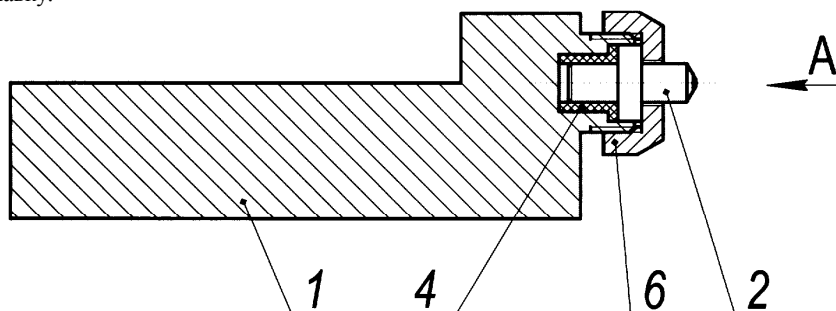
Abstract

The article considers devices for applying microrelief using the surface plastic deformation technology developed in Russian Federation.

Keywords: surface plastic deformation, microrelief, indenter.

Оптимальность нанесения микрорельефа технологиями ППД теоретически и практически была обоснована Ю.Г. Шнейдером. В настоящее время актуальные исследования процесса нанесения микрорельефа методами ППД требуют применения современного инструментального и технологического обеспечения.

Для реализации предложенного способа обработки ППД, совмещенным с хонингованием, авторами [1] был разработан инструмент специальной конструкции [2], состоящий из державки, индентора, набора тарельчатых пружин и резиновой втулки, отличающийся тем, что он содержит упор, установленный в державке, регулировочный винт, ввинченный в державку и резьбовую втулку, ввинченную в державку.



А
Рис. 1 – Выглаживатель для многооперационных токарно-фрезерных центров

В конструкции данного устройства предусмотрены средства снижающие вероятность возникновения автоколебаний – устройство демпфирования, включающие в себя две резиновые втулки, устанавливаемые в державку, две крышки, навинчиваемые на державку. Опыт внедрения процессов ППД в массовое производство [3] показывает актуальность данной проблемы, однако невозможно гарантировать с помощью данных улучшений отсутствие автоколебаний, т.к. это комплексное явление и механизм его появления все еще до конца не изучен и является темой многих докторских и кандидатских диссертаций.

Для обеспечения высокопроизводительной технологии нанесения микрорельефа Барацем Я.И. [4] была предложена следующая конструкция инструмента. Инструмент выполнен в виде втулки, в радиальных отверстиях которой равномерно по окружности размещены шарики, содержит размещенный в осевом отверстии втулки сменный опорный стержень, скрепленный с ней посредством винта, расположенного в кольцевой канавке опорного стержня, а противоположный конец втулки выполнен в виде конического хвостовика. Изобретение обеспечивает регулирование глубины и угла наклона частично регулярного микрорельефа, использование инструмента на станках, обеспечивающих одновременно вращательное и поступательное движение суппорта [5].

Данная разработка базируется на конструкции инструмента разработанной Ю.Г. Шнейдером, реализующего технологию вибровыглаживания. Однако, недостатком данного способа была невозможность регулирования глубины внедрения индентора.

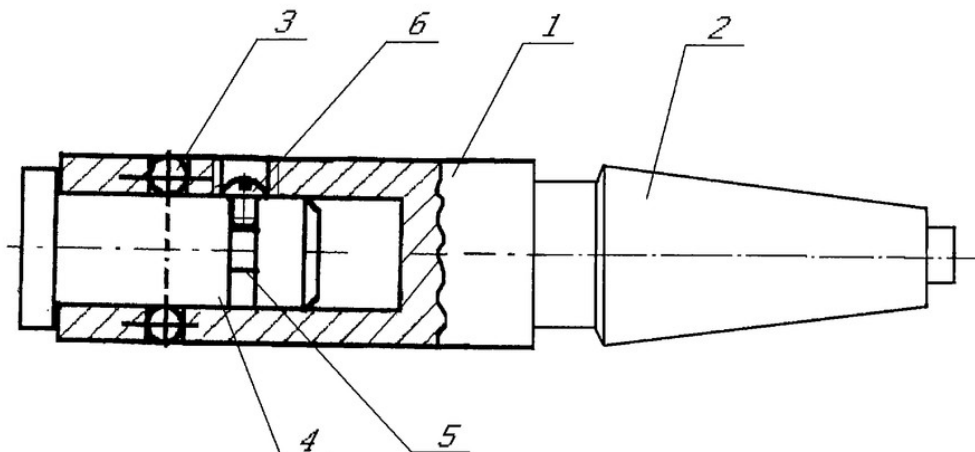


Рис. 2 – Инструмент для образования частично регулярного микрорельефа

Втулка 1 вставляется коническим хвостовиком 2 в шпindel станка. Таким образом, продольное перемещение инструмента и вращение осуществляется непосредственно от привода станка. Инструмент вводится в обрабатываемое отверстие, при этом шарики 3 выдавливают на его поверхности многозаходную винтовую линию (число выдавливаемых канавок соответствует числу шариков инструмента). При включении обратной подачи инструмент выводится из отверстия, выдавливая канавки противоположного направления. В результате на поверхности отверстия образуется регулярный микрорельеф с пересекающимися канавками. Кольцевая канавка 5 на поверхности стержня 4 и винт 6 обеспечивают соединение втулки 1 и стержня 4, препятствуя их взаимному осевому перемещению и обеспечивая относительное вращение стержня 4 и шариков 3.

Недостатком предложенного способа является использование в качестве деформирующей элементов – шариков, что фактически определяет не достаточно высокую для массового производства стойкость и высокую вероятность появления эффекта «копирования», когда при износе индентора дефекты микрорельефа индентора равномерно переносятся на обрабатываемую поверхность. К сожалению, в статье и патенте не представлены данные о рекомендуемых материалах деформирующих элементов и их стойкости.

Реализация технологий ППД как метода нанесения микрорельефа в производственных условиях требует тщательного изучения каждого аспекта инструмента, способа обработки, механики нанесения микрорельефа и контроля обработанной поверхности. Однако, преимущества которые возможно получить в повышении качества работы узлов деталей машин, обработанных с помощью разработанных технологий нельзя недооценивать. Только оценочные данные, приведенные в рассматриваемых статьях, показывают увеличение износостойкости обработанных поверхностей в 1.5-2 раза по сравнению с хонингованием, что является критическим технологическим преимуществом.

Литература

1. Кузнецов В.П., Горгоц В.Г., Дмитриева О.В. Инженерия плосковершинного регулярного микрорельефа поверхности при многоцелевой обработке деталей // Вестник УГАТУ. Уфа: УГАТУ, 2009. Т. 12, № 4(33). – С. 113-115.
2. Выглаживатель для многооперационных токарно-фрезерных центров: патент РФ на полезную модель № 70178 U1 Рос.Федерация: МПК B24B 39/02 / Ильичев С.А., Кузнецов В.П., Губанов В.Ф., Горгоц В.Г.; Опул Б.И. - 2008. - № 2.
5. Бобровский Н.М., Мельников П.А., Ежелев А.В., Бобровский И.Н. Устройство для гиперпроизводительной финишной обработки поверхностей деталей выглаживанием // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. 2012. Т. 14, № 6 (часть 1). — С. 93-96.
3. Милованова Л.Р. Улучшение эксплуатационных свойств поверхностей отверстий методом поверхностно-пластического деформирования с образованием регулярного микрорельефа // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. № 2(25), вып. 2. – С. 60-64.
4. Инструмент для образования частичного регулярного микрорельефа в отверстиях: пат. 2200080 Рос.Федерация: МПК B24B 39/00 / Барац Я.И., Лешкенова Л.Р.; Изобретения. Полезные модели - 2003. - №7.

References

1. Kuznecov V.P., Gorgoc V.G., Dmitrieva O.V. Inzheneriya ploskovershinno reguljarnogo mikrorel'efa poverhnosti pri mnogocелеvoj obrabotke detalej // Vestnik UGATU. Ufa: UGATU, 2009. T. 12, № 4(33). – S. 113-115.
2. Vzglazhivatel' dlja mnogooperacionnyh tokarno-frezernyh centrov: patent RF na poleznuju model' № 70178 U1 Ros.Federacija: MPK B24B 39/02 / Il'ichev S.A., Kuznecov V.P., Gubanov V.F., Gorgoc V.G.; Opubl B.I. - 2008. - № 2.
5. Bobrovskij N.M., Mel'nikov P.A., Ezhelev A.V., Bobrovskij I.N. Ustrojstvo dlja giperproizvoditel'noj finishnoj obrabotki poverhnostej detalej vyglazhivaniem // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj Akademii Nauk. 2012. T. 14, № 6 (chast' 1). — С. 93-96.
3. Milovanova L.R. Uluchshenie jekspluatacionnyh svojstv poverhnostej otverstij metodom poverhnostno-plasticheskogo deformirovanija s obrazovaniem reguljarnogo mikrorel'efa // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2007. № 2(25), vyp. 2. – S. 60-64.
4. Instrument dlja obrazovanija chastichnogo reguljarnogo mikrorel'efa v otverstijah: pat 2200080 Ros.Federacija: MPK B24B 39/00 / Barac Ja.I., Leshkenova L.R.; Izobrenenija. Poleznye modeli - 2003. - №7.

Павлов С.Б.¹, Маликов В.А.²

²кандидат технических наук, ООО «Нефтехим-Балт» (г.Санкт-Петербург)

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА СТАЛЬ 09Г2С ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ.

Аннотация

В статье представлены результаты исследований влияния водорода на сталь 09Г2С, которые позволяют уточнить пределы применения этого конструкционного материала в водородсодержащих средах.

Ключевые слова: водородная коррозия, индукционный период, сталь.

Pavlov S.B.¹, Malikov V.A.²

²Ph.D in Technical Sciences, JSC «Neftekhim-Balt» (St-Petersburg)

EFFECT OF HYDROGEN ON STEEL 09G2S AT ELEVATED TEMPERATURES AND PRESSURES.

Abstract

The article presents the results of studies of the effect of hydrogen on steel 09G2S that allow to specify limits on the use of structural material in hydrogen environments.

Keywords: hydrogen corrosion, induction period, steel.

Стали, используемые в качестве конструкционных материалов в нефтехимической промышленности, подвергаются длительному воздействию водородсодержащих сред при повышенных температурах.

Характеристикой, оценивающей пределы применимости сталей в условиях воздействия водорода при повышенных температурах и давлениях, является индукционный период водородной коррозии. В литературе [1] индукционным периодом называют время, в течение которого не происходит видимых изменений микроструктуры и механических свойств металла. Индукционный период имеет зависимость от температуры и давления водорода. Традиционные методики определения индукционного периода [2] не учитывают влияния водорода, растворенного в сталях при повышенных температурах и давлениях. В то же время, хорошо известно [3], что растворенный водород снижает пластические свойства материалов и провоцирует хрупкое разрушения, особенно в напряженном состоянии.

С целью уточнения влияния растворенного водорода была разработана методика определения механических свойств образцов сталей непосредственно при повышенных температурах и давлениях водорода.

Методика основана на использовании специального автоклава, монтируемого на универсальную разрывную машину Р-5. Конструкция установки позволяет нагревать, выдерживать под давлением водорода и разрывать образец непосредственно при условиях проведения эксперимента. Для проведения испытаний используются стандартные образцы на растяжение.

В качестве объекта исследования была выбрана сталь 09Г2С. Этот материал широко используется для изготовления оборудования нефтехимической промышленности и для него определена эмпирическая формула зависимости индукционного периода водородной коррозии от температуры и давления водорода [4]:

$$\tau_0 = 0,033 \cdot \exp\left(\frac{13100}{T}\right) \cdot p^{-3,8} \quad (1)$$

Исследования включали испытания при температурах 550, 570, 620 °С и давлениях водорода 10, 15, 20 МПа. Для подтверждения характера полученных зависимостей влияния водорода на свойства стали была проведена серия аналогичных экспериментов в инертном газе – аргоне.

Результаты испытаний в среде водорода суммированы в Таблице 1. Результаты испытаний в аргоне, как и следовало ожидать, не показали изменения механических свойств.

Таблица 1. Результаты испытаний стали 09Г2С при повышенных температурах и давлениях водорода

Длительность выдержки τ , ч.	Предел прочности на разрыв σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %
давление 10 МПа и температура 550 °С.			
0,25	262,1	36	71
1,5	260,9	38	66
3	264,9	40	69
7	258,6	34	63
10	254	27	55
15	257,7	26	42
20	213,9	12	20
22	227,6	9	12
давление 15 МПа и температура 550 °С.			
0,25	265,5	42	74
0,83	262,3	32	64
1,5	250,6	38	60
3	252,6	28	42
5	237,2	19	29
7	248,3	23	30
9	201,1	5	5
давление 20 МПа и температура 570 °С.			
0,17	239	37	61
0,5	230	37	60
1,5	216	18	22
5	208	6	<1
давление 15 МПа и температура 620 °С.			
0,17	170	45	76
0,83	176	40	49
1,5	168	23	28
3,5	159	9	18
4	150	5	15

В ходе исследования установлено, что в результате выдержки в водороде при повышенных температурах и давлениях первоначально наблюдается снижение пластических свойств металла (снижение относительного удлинения и сужения) без снижения прочностных свойств. При рассмотрении характера снижения пластических свойств можно выделить 3 стадии:

I стадия – не фиксируется никакого влияния;

II стадия – резкое падение пластических свойств (снижение относительного сужения и удлинения);

III стадия – продолжающееся снижение пластических свойств и начало падения прочности, характеризующееся снижением предела прочности.

По нашему мнению, III стадия совпадает с индукционным периодом определенным традиционным способом, но реально период безопасной эксплуатации материала определяет окончание I стадии. Данное утверждение подтверждается металлографическими исследованиями, выполненными на разрушенных образцах. Результаты металлографических исследований не выявили характерных признаков водородной коррозии (обезуглероживание, растрескивание по границам зерен) на образцах, для которых не отмечалось снижения предела прочности.

Таким образом, полученные результаты позволили уточнить значение индукционного периода с учетом влияния растворенного водорода. Уточненная эмпирическая формула зависимости индукционного периода стали 09Г2С от температуры и давления водорода будет выглядеть следующим образом:

$$\tau_0 = 0,0061 \cdot \exp\left(\frac{13100}{T}\right) \cdot p^{-3,8} \quad (2)$$

Данная корректировка коэффициента в формуле индукционного периода учитывает влияние растворенного водорода в стали при повышенных температурах и давлениях, что, в свою очередь, позволяет точнее оценить время безопасной эксплуатации материала.

Литература.

1. Арчаков Ю.И. Водородная коррозия сталей. М.: Металлургия, 1985. 192 с.
2. Арчаков, Ю.И., Тесля Б.М. К вопросу о безопасных границах применения стали 12 МХ при повышенных температурах и давлениях водорода. // Физико-химическая механика материалов, 1982, №3. С. 30-31.
3. Колачев Б.А. Водородная хрупкость металлов. М.: Металлургия, 1985. 216 с.
4. Ершова О.Б. Закономерности процесса водородной коррозии и применение стали 09Г2С при повышенных температурах и давлениях. Дис. канд. техн. наук. - Л., 1990. - 158 с.

References

1. Archakov Ju.I. Vodorodnaja korrozija stalej. M.: Metallurgija, 1985. 192 s.
2. Archakov, Ju.I., Teslja B.M. K voprosu o bezopasnyh granicah primenenija stali 12 МН pri povyshennyh temperaturah i davlenijah vodoroda. // Fiziko-himicheskaja mehanika materialov, 1982, №3. S. 30-31.
3. Kolachev B.A. Vodorodnaja hrupkost' metallov. M.: Metallurgija, 1985. 216 s.

Мышкина О.Е.

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Аннотация

В статье рассматривается использование модели телекоммуникационных технологий и средств, для обучения без отрыва от производства.

Ключевые слова: дистанционное обучение, безопасность труда, охрана труда, производственная безопасность.

Myshkina O.E.

PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Saratov State Agrarian University named after N.I.Vavilov

DISTANCE LEARNING

Abstract

The article discusses the model of telecommunication technologies and means for training without discontinuing work.

Keywords: distance learning, safety of work, labour safety, industrial safety.

Обучение вопросам охраны и безопасности труда может и должно давать положительные результаты, если оно основано на четко определенных потребностях конкретного рабочего места, и если оно проводится с учетом этих потребностей и методов обучения взрослых людей.

В условиях неоднократных всецело социальных изменений в период жизни одного поколения система образования становится ключевым в развитии общества. При этом она сама постоянно находится в процессе существенного преобразования. Любая система образования – это открытая и достаточно устойчивая система. Поэтому такие ее компоненты, как цели и содержание обучения, должны оставаться неизменными при любой форме образования в пределах одного государства в соответствии с принятыми в этом государстве программами и стандартом образования.

В современном обществе при бурном информационном росте специалисту требуется учиться практически всю жизнь. Раньше можно было позволить себе обучиться один раз и навсегда. Такого запаса знаний хватало на всю жизнь. Сегодня идея «непрерывного образования» приводит к необходимости поиска новых методов передачи знаний и технологий обучения.

К числу основных современных тенденций мирового развития, обуславливающих существенные изменения в системе образования, относятся:

- ускорение темпов развития общества, обуславливающее необходимость подготовки людей к жизни в быстро меняющихся условиях;
- переход к постиндустриальному, информационному обществу;
- динамичное развитие экономики, рост конкуренции, сокращение сферы неквалифицированного и малоквалифицированного труда, глубокие структурные изменения в сфере занятости, определяющие постоянную потребность в повышении профессиональной квалификации и переподготовке работников, росте их профессиональной мобильности;
- рост значения человеческого капитала, как фундамент национального богатства, что обуславливает интенсивное, опережающее развитие образования.

Перечисленные тенденции определяют основные направления в развитии нового информационного общества, которое характеризуется тем, что:

- во-первых, информация и знания становятся важным ресурсом и подлинной движущей силой социально-экономического, технологического и культурного развития;
- во-вторых, формируется рынок информации и знаний как фактора производства наравне с рынками природных ресурсов, труда и капитала, в-третьих, стремительно растет удельный вес отраслей, обеспечивающих создание, передачу и использование информации.

Именно технологический базис новых информационных технологий позволяет реализовывать одно из главных преимуществ новой образовательной системы – *обучение на расстоянии или дистанционное обучение*.

Использование дистанционного обучения открывает новые возможности для непрерывного обучения или переквалификации специалистов, получения второго образования, делает обучение более доступным, снижает затраты на проведение обучения; позволяет проводить обучение большого количества человек, повысить качество обучения за счет применения современных средств, создать единую образовательную среду.

Достоинствами дистанционного обучения являются:

- *технологичность* - обучение с использованием современных программных и технических средств делает электронное образование более эффективным. Новые технологии позволяют сделать визуальную информацию яркой и динамичной, построить сам процесс образования с учетом активного взаимодействия обучаемого с образовательной средой.
- *доступность и открытость обучения* - возможность учиться удалено от места обучения, не покидая свой дом или офис. Это позволяет современному специалисту учиться практически всю жизнь, без специальных командировок, отпусков, совмещая с основной деятельностью.
- *свобода и гибкость, доступ к качественному образованию* - появляются новые возможности для выбора курса обучения. Очень легко выбрать несколько курсов из разных университетов, из разных стран. Можно одновременно учиться в разных местах, сравнивая курсы между собой.

Дистанционное обучение носит более индивидуальный характер обучения, более гибкое, обучающийся сам определяет темп обучения, может возвращаться по несколько раз к отдельным урокам, может пропускать отдельные разделы и т.д. Слушатель изучает учебный материал в процессе всего времени учебы, а не только в период сессии, что гарантирует более глубокие остаточные знания. Такая система обучения заставляет обучаемого заниматься самостоятельно и получать им навыки самообразования. Также делает процесс обучения более творческим и индивидуальным, что позволяет открывать новые возможности для творческого самовыражения обучаемого.

К недостаткам дистанционного обучения можно отнести:

- отсутствие прямого очного общения между обучающимся и преподавателем, так как рядом нет человека, который мог бы эмоционально окрасить знания, это значительный минус для процесса обучения;
- высокие требования к постановке задачи на обучение, администрированию процесса, сложность мотивации слушателей;
- необходимость наличия целого ряда индивидуально-психологических условий. Для дистанционного обучения необходима жесткая самодисциплина, а его результат напрямую зависит от самостоятельности и сознательности учащегося.

Несмотря на определенные недостатки, дистанционную форму обучения можно и должно использовать для массового образования, привития культуры безопасного производства.

В статье рассматривается человеческий фактор как ключевой фактор безопасного труда. Влияние индивидуальных потребностей и действий человека, как важная определяющая в защищённости от опасности.

Ключевые слова: безопасность труда, охрана труда, производственная безопасность, психология безопасности.

Myshkina O.E.

PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Saratov State Agrarian University named after N.I.Vavilov

MOTIVATION TOWARDS SAFETY

Abstract

The article considers the human factor as a key factor of safe work. The impact of individual needs and actions of the person, as a defining security from the danger and the predisposition to it is a very important factor.

Keywords: safety of work, labour safety, industrial safety, psychology safety.

Пропагандой охраны труда на производстве является распространение знаний об охране труда и формирование убеждения в необходимости этой системы защиты. При этом главной задачей пропаганды охраны труда является создание положительного отношения работников к вопросам безопасности. С целью, развития у работающих, качеств, способствующих безопасной работе, применяют информационное и эмоциональное воздействие. Наиболее эффективным путем решения такой цели является усиление мотивации работников к безопасному труду.

Мотив - это то, что вызывает определенные действия человека. Мотив находится внутри человека, имеет персональный характер, зависит от множества внешних и внутренних по отношению к человеку факторов.

Мотивации представляют собой те внутренние силы организма, которые побуждают человека к деятельности.

Выделяют **две фазы** мотивации (рис. 1):

- фазу формирования мотивационного состояния, включающую этапы обнаружения потребности и возникновения мотивационного состояния, влекущего за собой неизбежное побуждение к действию;
- фазу запуска и реализации осознанного специализированного поведения, включающую этапы поиска цели, взаимодействие с объектами, способными удовлетворить возникшую потребность, и получение информации об удовлетворении этой потребности. Первая фаза инициирует вторую.



Рис. 1. Фазы мотиваций

Любая мотивация имеет определенные свойства. Первоначально активируется часть нервной системы, которая в свою очередь действует на возрастание поисковой активности и возрастание моторной деятельности. При этом немаловажную роль играет актуализация памяти, толкающая на воспоминание образов, предметов и действий, посредством которых потребность может быть удовлетворена, и в конечном итоге возникают субъективные переживания процесса достижения и результата намеченных целей.

В основе внутренних побуждений, которые заставляют людей действовать определенным образом, лежат потребности человека. Согласно теории американского социолога А.Маслоу, модель потребностей имеет форму пирамиды, поскольку, чем выше уровень потребностей в иерархии, тем для меньшего числа людей они становятся реальными мотиваторами поведения [1]. Неудовлетворенные потребности побуждают людей к активным действиям. Удовлетворенные потребности уже не мотивируют людей. При этом потребности, находящиеся ближе к основанию пирамиды, требуют удовлетворения в первую очередь. Потребности более высокого уровня активнее побуждают человека к действиям после того, как в основном удовлетворены потребности более низкого уровня.

Потребности человека делятся на первичные и вторичные (рис.2). *Первичные* или биологические включают в себя удовлетворение физиологических потребностей, направленных на обеспечение необходимых жизненных функций, и удовлетворение в потребности безопасности, то есть, устранении страхов и внешней агрессии и обеспечение защищенности.

В свою очередь *вторичные потребности* делятся на социальные и идеальные. Социальные проблемы заключаются в желании индивидуума принадлежать к определенной социальной группе, занимать в ней достойное место, следовать нормам поведения и естественно требовать к себе уважение и признание.



Рис. 2. Потребности человека

Идеальные потребности делятся на познавательные и самовыражения. Основу познавательных потребностей составляет новизна информации, которая толкает на приобретение различных навыков и умений, что в свою очередь заставляет индивидуума развивать свои способности, добиваться реализации своих личных целей и интересов и тем самым формировать и развивать собственную личность.

Человек, как самоорганизующаяся система, способен, в зависимости от сложившейся ситуации, использовать все свои возможности для достижения необходимого результата сведя риск к минимуму. Допустим у человека, невысокие биологические качества по противодействию опасности, то он может компенсировать это за счет развития профессиональных умений и высокой мотивации к безопасному труду. И, наоборот, человек с высокими биологическими, психофизиологическими и профессиональными качествами по противодействию опасности из-за низкой мотивации к безопасному труду может оказаться плохо защищенным от опасности.

Общие принципы управления мотивацией заключаются в следующем:

- обеспечение привлекательного творческого характера работы;
- четкое определение цели и конечных результатов работы;
- уважение, доверие, открытое и искреннее отношение к сотрудникам;
- делегирование ответственности за выполняемую деятельность;
- улучшение условий труда.

Литература

1. Девясилов В.А. Охрана труда: учебник – 4 изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ, 2009. – 496 с.

References

1. Devjasilov V.A. Ohrana truda: uchebnik – 4 izd., pererab. i dop. – M.: FORUM, 2009. – 496 s.

Назаренко М.Ю.¹, Кондрашева Н.К.², Салтыкова С.Н.³

¹Аспирант, ² доктор технических наук, профессор, ³ кандидат технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРЫ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕДЕНИЕ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Аннотация

В данной работе описывается проблема, связанная с необходимостью расширения сырьевой базы за счет вовлечения дополнительных источников углеводородов. Целью данной работы является изучение физико-химических свойств горючих сланцев

(влажности, зольности, плотностей и пористости) и поведения горючих сланцев при термической обработке в температурном интервале $50^{\circ}\text{C} \div 950^{\circ}\text{C}$ для комплексного использования как органической, так и минеральной частей сланцев.

Ключевые слова: горючий сланец, брикеты, переработка, минеральная часть.

Nazarenko M.Ju.¹, Kondrasheva N.K.², Saltikova S.N.³

¹Postgraduate student, ²Doctor of technical science, professor, ³PhD in technical science, docent, National Mineral Resources University (University of Mines)

THE ACTION OF ATMOSPHERE AND TEMPERATURE ON OIL SHALE

Abstract

This research work is devoted to the problem of the use of natural resources. The raw materials base is a needed to finding new hydrocarbon sources. The purpose of this work is to make a physicochemical analysis of the oil-shales (their humidity, ash content, density, porosity) and to research its reaction on heat treatment (from 50°C to 950°C). These measures are taken to outline how organic and mineral parts of the oil-shale can be used for the multipurpose utilization.

Keywords: oil shale, briquettes, processing, mineral part.

В настоящее время основным источником сырья для энергетической и химической промышленности являются нефть и природный газ. Постоянный рост энергопотребления, увеличение мировых цен на энергоресурсы, высокие расходы на транспортировку топлива и углеводородного сырья, увеличение сырьевой зависимости отдельных регионов и стран требуют необходимости расширения сырьевой базы за счет вовлечения дополнительных источников сырья и совершенствования существующих технологий ресурсопотребления [1]. К таким источникам следует отнести твердые горючие ископаемые, уголь и горючие сланцы. Уголь и горючий сланец являются наиболее распространенными и надежными энерготехнологическими источниками [2]. Основное использование горючих сланцев – это применение их в качестве теплоносителя, но горючие сланцы при сжигании дают меньше тепла, чем уголь и нефть, поэтому важно максимально использовать как органическую, так и минеральную части сланцев [3].

Целью данной работы является изучение физико-химических свойств горючих сланцев (влажности, зольности, плотностей и пористости) и поведения горючих сланцев при термической обработке в температурном интервале $50^{\circ}\text{C} \div 950^{\circ}\text{C}$ для комплексного использования как органической, так и минеральной частей сланцев.

Для реализации поставленной цели в данной работе были решены следующие задачи:

- Исследование физико-химических свойств горючих сланцев (зольность, влажность, действительная и кажущаяся плотности, пористость);
- Анализ минеральной части горючего сланца;
- Изучение поведения горючего сланца в интервале температур $50^{\circ}\text{C} \div 950^{\circ}\text{C}$;
- Изучение влияния термообработки на пористость горючих сланцев.

Методика исследований

Объект исследования – горючий сланец Прибалтийского бассейна Ленинградского месторождения (фракция 0-25мм), предоставленный ОАО «Завод Сланцы» и сланец Эстонского месторождения, предоставленный заводом Кохтла-Ярве.

Сланец предварительно рассеивался на фракции 2мм-125мкм и менее 125 мкм на гранулометрическом классификаторе AS Control 200.

Изучение воздействия температуры на физико-химические превращения сланцевых брикетов осуществлялось в трубчатых печах ПТ-1,2-40 с неконтролируемой атмосферой и ПТК-1,2-40 с контролируемой (азотной) атмосферой (в интервале температур $50^{\circ}\text{C} \div 950^{\circ}\text{C}$). Для проведения опытов изготавливались образцы массой 3 г., скорость нагрева образцов $28^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, материал лежал не подвижно.

Компонентный состав минеральной части горючего сланца определялся на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре Epsilon-3 PANalitical.

Изменение массы горючего сланца при термической обработке исследовалось в комплексной калориметрической лаборатории SETARAM Instrumentation в интервале температур $25^{\circ}\text{C} \div 950^{\circ}\text{C}$ при скорости нагрева навески $18^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

Результаты экспериментальных исследований

В ходе проведенных экспериментальных исследований определены физические свойства горючих сланцев: влажность – 11,6%, зольность – 50,5%, действительная плотность – $1643 \text{ кг}/\text{м}^3$, кажущаяся плотность – $1243 \text{ кг}/\text{м}^3$, пористость – 24%.

Результаты экспериментальных исследований по определению компонентного состава минеральной части горючих сланцев показали, что почти все элементы минеральной части сланцев содержатся в виде оксидов: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO . Определено, что в минеральной части сланцев в основном преобладают оксид кальция (CaO – 36,9%) и оксид кремния (SiO_2 – 30,2%).

Исследование влияния температуры на поведение сланцевых брикетов показало, что внешний вид поверхностной зоны зависит от температуры опыта. Из проведенных экспериментальных исследований установлено, что с повышением температуры зона полукоксования уменьшается, происходит перемещение зоны от периферии к центру, что объясняется увеличением градиента температур.

Результаты экспериментальных исследований по определению потери массы изображены на рисунке 1.

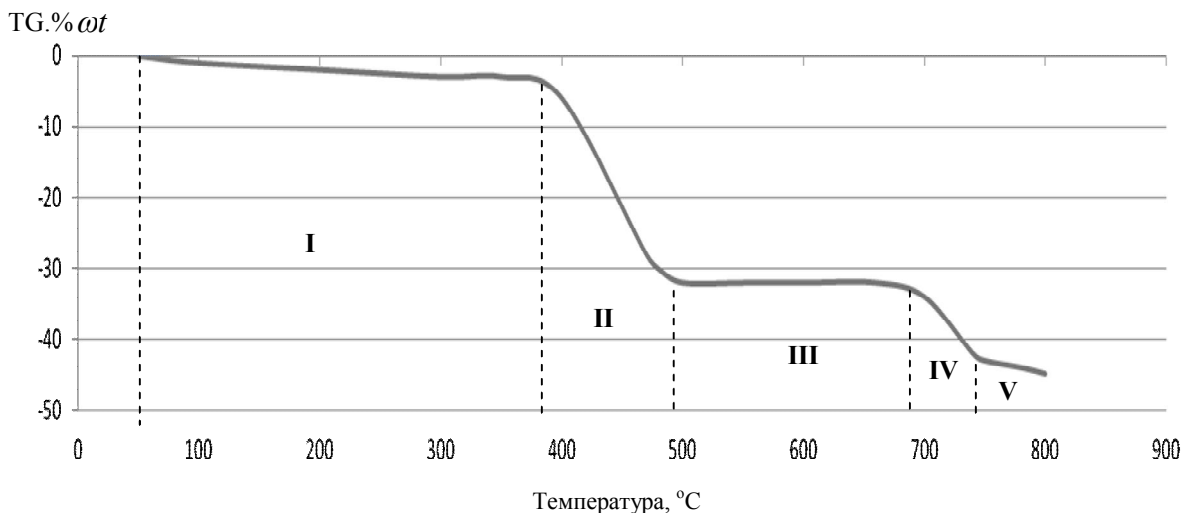


Рис.1 Изменение массы горючего сланца при термической обработке

Из полученного графика видно, что изменение массы сланца происходит в 5 этапов. I этап – $25^{\circ}\text{C} \div 370^{\circ}\text{C}$; II - $370^{\circ}\text{C} \div 500^{\circ}\text{C}$; III - $500^{\circ}\text{C} \div 700^{\circ}\text{C}$; IV и V - $700^{\circ}\text{C} \div 800^{\circ}\text{C}$. Максимальное изменение массы – 25% происходит в температурном интервале $370^{\circ}\text{C} \div 500^{\circ}\text{C}$. Это связано с особенностями состава органической и минеральной частей сланца.

Выводы

В работе определены физические свойства исследуемого горючего сланца (влажность – 11,6%, зольность – 50,5%, действительная плотность - 1643 кг/м^3 , кажущаяся плотность - 1243 кг/м^3 , пористость – 24%), компонентный состав минеральной части сланца. По данным эксперимента определено, что минеральная часть сланцев в основном состоит из оксидов кальция и кремния.

Изучено:

– изменение массы горючего сланца при термической обработке в температурном интервале $50^{\circ}\text{C} - 950^{\circ}\text{C}$, происходит в 5 стадий: I этап – $25^{\circ}\text{C} \div 370^{\circ}\text{C}$; II - $370^{\circ}\text{C} \div 500^{\circ}\text{C}$; III - $500^{\circ}\text{C} \div 700^{\circ}\text{C}$; IV и V - $700^{\circ}\text{C} \div 800^{\circ}\text{C}$. Максимальное изменение массы – 25% происходит в температурном интервале $370^{\circ}\text{C} \div 500^{\circ}\text{C}$;

Таким образом, проведенные анализы по определению физических свойств горючих сланцев, поведению их при термической обработке в температурном интервале $50^{\circ}\text{C} \div 950^{\circ}\text{C}$, и состава минеральной части сланцев показывают необходимость в детальном изучении свойств горючих сланцев, как сырья для комплексного использования органической и минеральной частей.

Литература

1. Антонина З. Химические технологии. Учебное пособие для химико-технологических специальностей профессиональных центров. – Ижевск, 2012 – 376с.;
2. Юдович Я.Э. Горючие сланцы Республики Коми. Проблемы освоения. - Сыктывкар: Геопринт, 2013, 90 с.;
3. Назаренко М.Ю., Бажин В.Ю., Салтыкова С.Н., Научно-технический и производственный журнал «Кокс и Химия», Изучение физико-химических свойств горючих сланцев, 2014, №3, с.44-49.

References

1. Antonina Z. Himicheskie tehnologii. Uchebnoe posobie dlja himiko-tehnologicheskikh special'nostej professional'nyh centrov. – Jyhvi, 2012 – 376s.;
2. Judovich Ja.Je. Gorjuchie slancy Respubliki Komi. Problemy osvoenija. - Syktyvkar: Geoprint, 2013, 90 s.;
3. Nazarenko M.Ju., Bazhin V.Ju., Saltykova S.N., Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal «Koks i Himija», Izuchenie fiziko-himicheskikh svojstv gorjuchih slancev, 2014, №3, s.44-49.

Пашков В.П.

Доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ НЕСТАЦИОНАРНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация

В статье рассмотрены подходы к созданию технических и программных средств для диагностического видео-мониторинга интеллектуальной деятельности человека на основе многофункционального диагностического комплекса. Описан математический аппарат для обработки нестационарных и нелинейных сигналов.

Ключевые слова: интеллектуальная деятельность, физиологические сигналы, симметрия, видео-мониторинг.

Pashkov V.P.

Associate Professor, Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

PROMISING APPROACHES TO THE STUDY OF NONSTATIONARY AND NONLINEAR PHYSIOLOGICAL SIGNALS IN INTELLECTUAL ACTIVITY

Abstract

The article considers approaches to the creation of hardware and software for diagnostic video monitoring of human intellectual activity based on multifunctional diagnostic complex. Mathematical apparatus is presented for processing of non-stationary and nonlinear signals.

Keywords: intellectual activity, physiological signals, symmetry, video-monitoring.

Интеллектуальная (творческая), так же как и умственная деятельность человека, является одной из его специфических особенностей и наиболее сложно организованных психических функций и потому чрезвычайно трудна для инструментальных исследований [1]. Основная проблема в данной отрасли знаний заключается в практически полном отсутствии адекватных технических средств, предназначенных для комплексной оценки физиологических сигналов и корректной постобработки результатов измерений [2-4].

Известно, что умственная деятельность сопровождается комплексом реакций различных систем организма: изменением медленной электрической активности головного мозга (электроэнцефалограмма), изменением и перераспределением мышечного тонуса (электромиограмма), изменением ритма и глубины дыхания, изменением сердечного ритма (электрокардиосигнал, кардиоритмограмма) и др. Как правило, электрофизиологические корреляты в динамике изучаются в условиях моделирования умственной нагрузки. Например, психологические тесты на вычитание в уме, являющиеся классической методикой по оценке умственной работоспособности, используются в экспериментах для выявления истошаемости, определения устойчивости произвольного внимания, исследования переключаемости внимания, скорости протекания психических процессов, утомляемости при монотонной работе. Однако при этом следует иметь в виду, что снижение или отсутствие мотивации испытуемых, потеря интереса к тесту приводят к недостоверным данным. Важно также выбрать соответствующие психофизиологические показатели. Очевидно, что модельные тесты не могут охватить все сферы мыслительной деятельности человека.

Анализ и формулирование научно-практических выводов из комплекса психофизиологических показателей является одним из наиболее трудоёмких и ответственных процессов при диагностике, прогнозе текущего и последующего состояний испытуемых, и зависит, в частности, от состава биотехнической системы (БТС) и объёма аналитических возможностей [4,5].

Измерительные комплексы видео-мониторинга, выпускаемые в Российской Федерации и за рубежом для нужд диагностических медицинских центров, не предназначены для исследования напряжённой интеллектуальной деятельности. В известных многочисленных моделях электроэнцефалографов при обработке регистрируемых сигналов используется идеология анализа систем с медленно изменяющимися параметрами. В этом случае предполагается, что на небольших промежутках времени свойства процесса изменяются незначительно, и этот процесс можно рассматривать как стационарный, применяя к нему классический аппарат статистической обработки случайных сигналов или стандартные методы Фурье. Такой подход может быть справедлив, если нестационарность ассоциируется с низкочастотной областью спектра по отношению к тем ритмам, которые ответственны за основные физиологические процессы. Если же свойства процесса даже на коротких временных промежутках успевают измениться, (как это обычно происходит в процессе реализации когнитивных возможностей испытуемого), то исследователи проводят предварительную обработку данных и выбирают для анализа только те участки, на которых сигналы можно считать приблизительно стационарными. К сожалению, в этом случае теряется самая важная и принципиальная информация о переходных процессах, происходящих в организме человека.

В качестве альтернативы гипотезы «стационарности» в современных электроэнцефалографических комплексах для изучения зависимостей между различными отведениями ЭЭГ и регистрируемыми физиологическими параметрами предлагается вычисление функций когерентности сигналов. Однако, как показали независимые экспертные исследования, когерентность является плохим индикатором степени синхронизма различных каналов ЭЭГ, так как она зависит от амплитудной и фазовой варибельности сигналов, а также зависит от их шумов. Величина когерентности зависит также от продолжительности эпохи анализа ЭЭГ, от числа усредняемых эпох, от величины временного сдвига между эпохами, от типа применяемого окна и др. Вычисление степени когерентности двух сигналов в различных программных пакетах, таким образом, может приводить к различным результатам. Описанные обстоятельства делают задачу поиска новых математических методов описания нестационарных сигналов ЭЭГ особо своевременной и актуальной.

Структура информационно-измерительного комплекса для изучения нестационарных и нелинейных физиологических сигналов включает как измерительные, так и информационные подсистемы. Поскольку измерительные и информационные подсистемы составляют одну систему и взаимодействуют друг с другом, то существуют общие принципы их исследования. Одним из таких принципов является принцип симметрии, описанный в работе [6]. Симметрия проявляется как свойство инвариантности модели исследуемого объекта или системы относительно определенных преобразований, выполняемых в модели. Инвариантом может быть структура информационно-измерительной системы или числовая величина, например, значение критерия качества измерения [7-12]. Разработке методов исследования и применения свойств симметрии при проектировании информационно-измерительных систем посвящены работы [13, 14].

Использование для обработки физиологических сигналов математического аппарата вейвлет-преобразований [15,16], метода независимых компонент и математического аппарат разностных корреляционных матриц, позволит определить количественные параметры, характеризующие нестационарную по своей природе регистрируемую электроэнцефалограмму, и объективно выделить структуры головного мозга, обеспечивающие реализацию мозгом исследуемой интеллектуальной деятельности. Развиваемые математические методы в перспективе могут использоваться для анализа состояния нервной и сердечно-сосудистой системы человека в условиях многих функциональных проб (динамометрия, велоэргометрия, бегущая дорожка, психоэмоциональные пробы и др.). Количественные характеристики нестационарных физиологических (адаптационных) процессов могут также использоваться при оперативном подборе кадров, способных выполнять задания в условиях экстремального характера, а также для характеристики психофизиологического потенциала сотрудников и оценки их профессиональной пригодности.

Вышеперечисленное подтверждает новизну и перспективность предлагаемых подходов к исследованию нестационарных и нелинейных физиологических сигналов при интеллектуальной деятельности. Создание технических и программных средств для диагностического видео-мониторинга интеллектуальной деятельности на основе многофункционального диагностического комплекса позволит в ближайшей перспективе значительно расширить диагностические возможности врачей, психологов и физиологов при тестировании испытуемых и пациентов.

Литература

1. Анодина-Андриевская Е.М., Божок С.В., Марусина М.Я., Полонский Ю.З., Суворов Н.Б. Перспективные подходы к анализу информативности физиологических сигналов и медицинских изображений человека при интеллектуальной деятельности // Изв. Вуз. Приборостроение. – 2011. – Том 54. – № 7. – С. 27-35.
2. Марусина М.Я., Суворов Н. Б., Козаченко А.В., Толкович Д.В. Синхронизация физиологических сигналов интеллектуальной деятельности человека с помощью многофункционального измерительного комплекса // Научно-технический вестник информационно-технологий, механики и оптики. Санкт-Петербург: СПбНИУ ИТМО, 2013. - № 4(86). С.49-55.
3. Толкович Д. В., Суворов Н.Б., Марусина М. Я., Козаченко А. В. Многофункциональная биотехническая система для изучения физиологических сигналов при интеллектуальной деятельности // Научно-технические ведомости СПб ГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – СПб.: Издательство Политехнического университета, 2013. - № 5(181). – С. 73-78.
4. Суворов Н.Б., Марусина М.Я., Щепетов С.С., Полонский Ю.З. Отражение умственной деятельности человека в реакциях кардиореспираторной системы // Биотехносфера. 2013. № 5 (29). С. 14-21.
5. Горобей В.Н., Захаренко Ю.Г., Марусина М.Я., Снегов В.С. Государственные первичные эталоны единиц физических величин. Учебное пособие. Рекомендовано УМО вузов России по образованию в области приборостроения и оптоэлектроники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений / Под редакцией д-ра техн. наук, проф. М.Я. Марусиной. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 135 с.
6. Марусина М. Я. Инвариантный анализ и синтез в моделях с симметриями: монография. СПб., 2004. 144 с.
7. Иванов В. А., Марусина М. Я. Применение теории групп при решении задач реализации измерительных преобразований // Известия вузов. Приборостроение. 2000. Т. 43. № 6. С. 36-39.
8. Иванов В. А., Марусина М. Я., Липиньски А. Г. Групповые свойства измерительных преобразований // Авиакосмическое приборостроение. 2003. № 5. С.32-35.
9. Иванов В.А., Марусина М.Я., Флегонтов А.В. Инвариантные аппроксимации и их применение в МР-томографии // Научное приборостроение. – 2003. Т. 13, № 2. – С. 22-26.
10. Иванов В.А., Марусина М.Я., Липиньски А.Г. Анализ измерительных преобразований в условиях неопределенностей // Датчики и Системы. – 2003. № 10 (53). – С. 15-18.
11. Марусина М. Я. Оптимизация измерительных преобразований на основе теоретико-группового анализа // Известия вузов. Приборостроение. 2005. Т. 48. № 3. С. 27-31.
12. Flegontov A. V., Marusina M. J. The Comparison Method of Physical Quantity Dimensionalities // Lecture Notes in Computer Science. 2009. T. 5743. P. 81-88. DOI: 10.1007/978-3-642-04103-7_8.
13. Марусина М. Я. Повышение качества измерений на основе теоретико-группового анализа и синтеза измерительных систем: диссертация доктора техн. наук. – Санкт-Петербург, 2005. – 340 с.
14. Марусина М. Я. Повышение качества измерений на основе теоретико-группового анализа и синтеза измерительных систем: автореферат дис. доктора техн. наук. – Санкт-Петербург, 2005. – 32 с.
15. Анодина-Андриевская Е.М., Марусина М.Я. Использование вейвлетного преобразования сигналов при выявлении диагностических признаков элементов приборов и механизмов // Изв. Вуз. Приборостроение. – 2010. – Том 53. – № 12. – С. 31-34.
16. Марусина М. Я., Анодина-Андриевская Е. М. Вейвлетный анализ в обработке томографических изображений // Научное приборостроение. 2011. Т. 21. № 1. С. 71-75.

References

1. Anodina-Andrievskaja E.M., Bozhokin S.V., Marusina M.Ja., Polonskij Ju.Z., Suvorov N.B. Perspektivnye podhody k analizu informativnosti fiziologicheskikh signalov i medicinskih izobrazhenij cheloveka pri intellektual'noj dejatel'nosti // Izv. Vuzov. Priborostroenie. – 2011. – Том 54. – № 7. – С. 27-35.
2. Marusina M.Ja., Suvorov N. B., Kozachenko A.V., Tolkovich D.V. Sinhronizacija fiziologicheskikh signalov intellektual'noj dejatel'nosti cheloveka s pomoshh'ju mnogofunkcional'nogo izmeritel'nogo kompleksa // Nauchno-tehnicheskij vestnik informacionnyh tehnologij, mehaniki i optiki. Sankt-Peterburg: SPbNIU ITMO, 2013. - № 4(86). S.49-55.

3. Tolkovich D. V., Suvorov N.B., Marusina M. Ja., Kozachenko A. V. Mnogofunkcional'naja biotekhnicheskaja sistema dlja izuchenija fiziologicheskikh signalov pri intellektual'noj dejatel'nosti // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPb GPU. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie. – SPb.: Izdatel'stvo Politehnicheskogo universiteta, 2013. – № 5(181). – S. 73-78.
4. Suvorov N.B., Marusina M.Ja., Shhepetov S.S., Polonskij Ju.Z. Otrazhenie umstvennoj dejatel'nosti cheloveka v reakcijah kardiorespiratornoj sistemy // Biotekhnosfera. 2013. № 5 (29). S. 14-21.
5. Gorobej V.N., Zaharenko Ju.G., Marusina M.Ja., Snegov V.S. Gosudarstvennye pervichnye jetalony edinic fizicheskikh velichin. Uchebnoe posobie. Rekomendovano UMO vuzov Rossii po obrazovaniju v oblasti priborostroenija i optotekhniki v kachestve uchebnogo posobija dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij / Pod redakciej d-ra tehn. nauk, prof. M.Ja. Marusinoj. – SPb.: SPbGU ITMO, 2011. – 135 s.
6. Marusina M. Ja. Invariantnyj analiz i sintez v modeljah s simmetrijami: monografija. SPb., 2004. 144 s.
7. Ivanov V. A., Marusina M. Ja. Primenenie teorii grupp pri reshenii zadach realizacii izmeritel'nyh preobrazovanij // Izvestija vuzov. Priborostroenie. 2000. T. 43. № 6. S. 36-39.
8. Ivanov V. A., Marusina M. Ja., Lipin'ski A. G. Gruppyve svojstva izmeritel'nyh preobrazovanij // Aviakosmicheskoe priborostroenie. 2003. № 5. S.32-35.
9. Ivanov V.A., Marusina M.Ja., Flegontov A.V. Invariantnye approksimacii i ih primenenie v MR-tomografii // Nauchnoe priborostroenie. – 2003. T. 13, № 2. – S. 22-26.
10. Ivanov V.A., Marusina M.Ja., Lipin'ski A.G. Analiz izmeritel'nyh preobrazovanij v uslovijah neopredelennostej // Datchiki i Sistemy. – 2003. № 10 (53). – S. 15-18.
11. Marusina M. Ja. Optimizacija izmeritel'nyh preobrazovanij na osnove teoretiko-grupppovogo analiza // Izvestija vuzov. Priborostroenie. 2005. T. 48. № 3. S. 27-31.
12. Flegontov A. V., Marusina M. J. The Comparison Method of Physical Quantity Dimensionalities // Lecture Notes in Computer Science. 2009. T. 5743. R. 81-88. DOI: 10.1007/978-3-642-04103-7_8.
13. Marusina M. Ja. Povyshenie kachestva izmerenij na osnove teoretiko-grupppovogo analiza i sinteza izmeritel'nyh sistem: dissertacija doktora tehn. nauk. – Sankt-Peterburg, 2005. – 340 s.
14. Marusina M. Ja. Povyshenie kachestva izmerenij na osnove teoretiko-grupppovogo analiza i sinteza izmeritel'nyh sistem: avtoreferat dis. doktora tehn. nauk. – Sankt-Peterburg, 2005. – 32 s.
15. Anodina-Andrievskaja E.M., Marusina M.Ja. Ispol'zovanie vejvletnogo preobrazovanija signalov pri vyjavenii diagnosticheskikh priznakov jelementov priborov i mehanizmov // Izv. Vuzov. Priborostroenie. – 2010. – Tom 53. – № 12. – S. 31-34.
16. Marusina M. Ja., Anodina-Andrievskaja E. M. Vejvletnyj analiz v obrabotke tomograficheskikh izobrazhenij // Nauchnoe priborostroenie. 2011. T. 21. № 1. S. 71-75.

Петров А.А.¹, Калайда В.Т.²

¹Аспирант; ²доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский Томский государственный университет
ЕДИНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СРЕДА В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ И МЕТОДЫ ЕЁ ОРГАНИЗАЦИИ

Аннотация

В статье предлагается программная платформа, которая обеспечивает создание распределенных приложений и осуществляет автоматическое управление вычислительным процессом.

Ключевые слова: распределенная система, система управления, программный комплекс, сервис-ориентированная архитектура.

Petrov A.A.¹, Kalayda V.T.²

¹Postgraduate student; ²doctor of science in technics, National research Tomsk State University

UNIFIED COMPUTING ENVIRONMENT FOR LOCAL NETWORK AND TECHNIQUES OF DEVELOPING

Abstract

The article offers software platform for distributed calculations. The unified software platform unites all network nodes to unified computing environment and provides computing resources of the environment to users' applications. The platform is used in local enterprise or campus networks. The platform solves the main problems of creation and use of distributed software. The unified computing environment provides efficient management of distributed calculations.

Keywords: distributed system, calculating system, software complex, service-oriented architecture.

Introduction

Integration of calculating resources in unified environment and providing efficient access to the resources are main IT problems for now. This is due to fast progress of network technologies and significant increase of network communications' speed and reliability. GRID and Cloud technologies' development is related to the problem [1]. However, computers of local and global networks are mainly used as sources of data for now.

Question of calculating resources integration in separate local enterprise or campus network takes a special place in the problem. Local networks have some features as compared to global networks such as:

1. High speed of data transfer
2. High reliability of data transfer
3. Low delays of data transfer

A lot of methods and technologies provide distribution of computations across the network nodes. We have both simple (Berkeley sockets [2], RPC [3]) and complex (Java Enterprise Edition [4], Windows Communication Foundation [5]) distribution technologies. Software developers can use it to solve different computation tasks on several computers.

However, even if developer use this technologies, he still has to manage computing process (choose task priorities, choose network node to compute, track errors, etc.). Complexity of software development increases, and, as a result, duration and cost of development increase too.

Model of Unified Computing Environment

Solution of the problem is unified software platform, which unites all network nodes to unified computing environment and provides computing resources of the environment to users' applications. There is a set of requirements to the platform, based on tasks in corporate and industrial networks:

1. No need for additional expensive commutation hardware.
2. Simple setting and using; no need for highly qualified expert for service.
3. Transparent for the end user.
4. "Self-adjusting"; be in active state in any situation.
5. Wide range of tasks support
6. Protection against outside attacks
7. Cross-platform; able to work in network of nodes with different operating systems

Of course, these requirements are conflicting, but maximum compliance with them provides maximum efficiency of using computers' resources for industrial, technology and office tasks.

Model of the platform is presented on Figure 1.

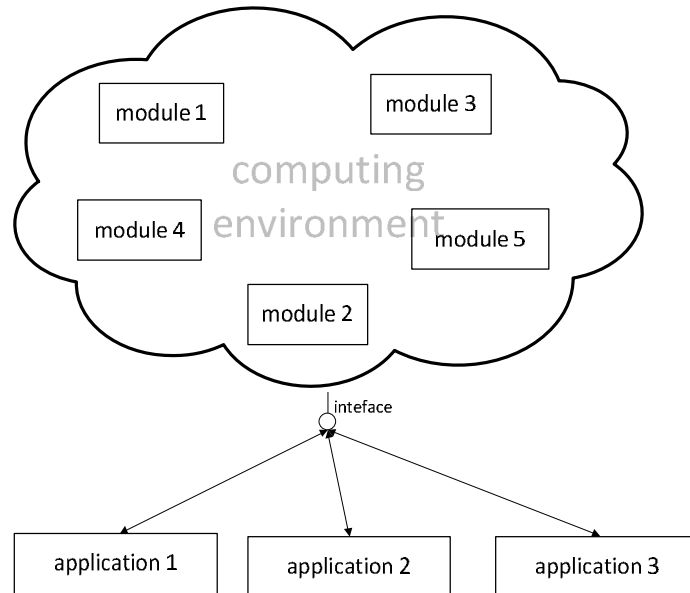


Fig. 1 – Model of the platform

The platform creates unified computing environment by uniting calculating resources of all network nodes and puts calculating modules into the environment. These modules implement different algorithms, such as matrix inverse, bitmap gradient computation and etc. User's applications send request of calculation with specified module and get a result.

The computing environment schedules computing process automatically. Plan of computation should fit the chosen optimality criterion. Examples of optimality criterion are computing time minimum, nodes' load level equality and etc. Optimality criterion is defined by platform user. Computing environment's control mechanism looks after computing process: gathers statistic data about tasks computation time, makes a decision about changing plan in difficult situations, when execution of the plan is impractical or impossible in different circumstances. Examples of the circumstances are network failure, node's load level jump and etc.

This software platform takes away problems of calculation process planning and management from software developer. Application creator just moves "heavy" calculating functions of application to separate calculating modules, replaces calls of these functions by calls to the unified interface of the platform and puts these modules into the platform during application installation.

In this way software developer is able to create distributed in local network software without duration and cost of development increase. And an end user gets increase of hardware use efficiency and decrease of tasks calculation time by using the platform and distributed software.

The model implementation

Platform named "DistributedSystem" was developed according to the model.

The overall structure of the system is presented on Figure 2.

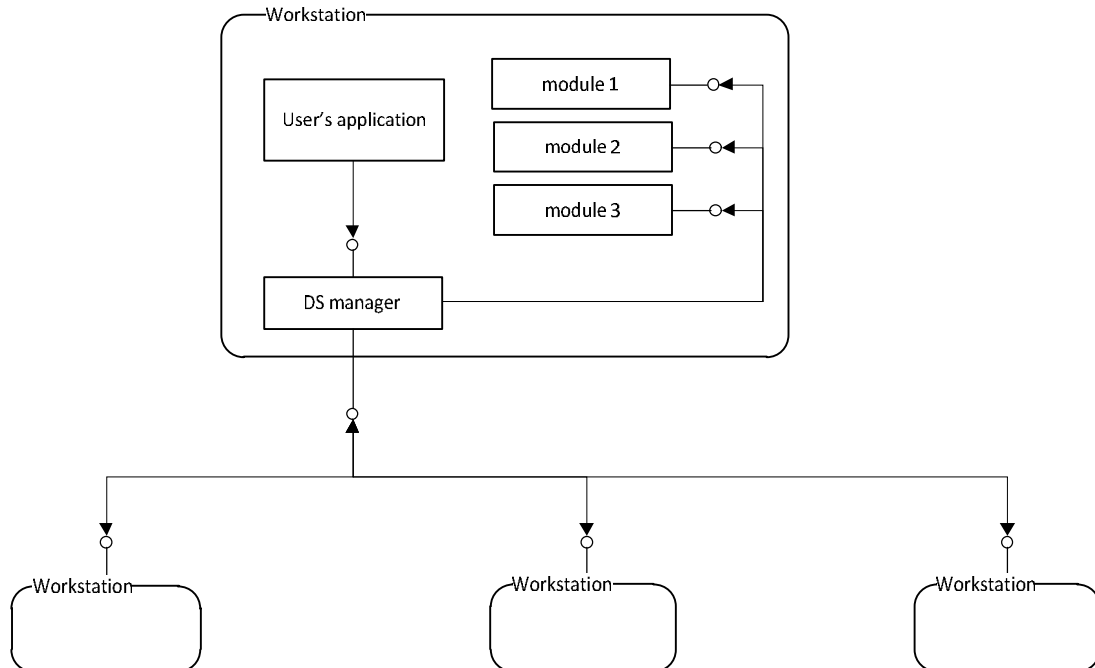


Fig. 2 – The overall structure

There are set of modules on every network node. A set of modules may vary on each network node.

The distributed calculation control system includes managers on every network node. Manager schedules computing process, gathers the information about node's state and characteristic, gathers statistical data, and exchanges messages with the other managers.

So the set of managers represents the computing environment which is described earlier. Each manager has connected modules and provides interface for calculation requests to user's applications (Figure 3).

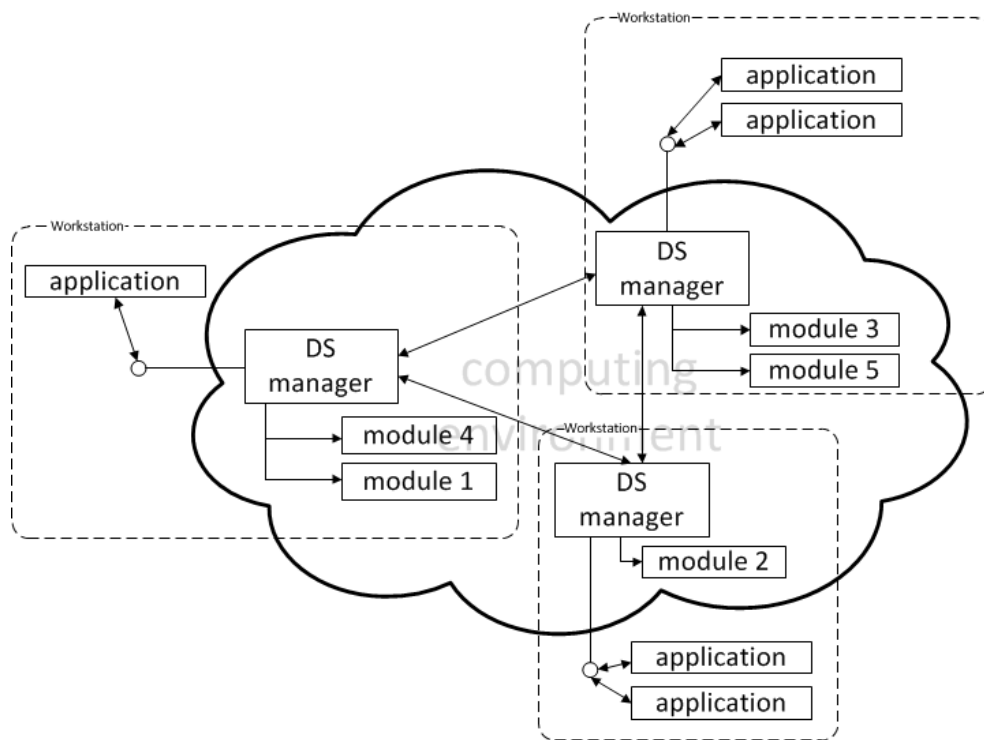


Fig. 3 – Computing environment implementation

The basic technology of the platform is Windows Communication Foundation. Windows Communication Foundation (or WCF), previously known as "Indigo", is a runtime and a set of APIs (application programming interface) in the .NET Framework for building connected, service-oriented applications [5]. WCF provides an opportunity to create the platform based on service-oriented architecture (SOA). SOA doesn't need additional hardware and highly increase reliability of the platform. Moreover, SOA allows network's nodes to enter and quit the computing environment during runtime without impact on environment's performance in general [6].

One of the main features of WCF is launch of service in simple application without special server or service container. This feature allows creating easy-to-install and easy-to-use applications, because it takes away need of dedicated server's setting up. This feature greatly influenced the decision to use WCF for the platform.

Manager exchange messages using SOAP protocol. SOAP is a protocol specification for exchanging structured XML messages in the implementation of Web Services in computer networks [7]. SOAP allows the platform to be cross-platform and to work in network of nodes with different operating systems. The main types of messages between managers are:

- Calc. Used for calculation request.
- Hello. Used for appearance of new manager in computing environment. The manager gets options of another manager (set of modules, computer configuration, etc.) and sends his own options as a reply.
- State. Used for request of another manager about computer state (CPU load level and etc.).

Calculation request of user's application uses SOAP too. Special API comes with the platform for convenience of forming of this SOAP request, which can be used by software developers.

Calculation module is .NET class library. The main requirement to the module is one class having DoJob method. This function is called by manager during module use for calculation. User's application informs the node's manager about installable modules during the installation. The manager automatically puts these modules to the computing environment by sending it to other manages and distributing it across the nodes.

Example of platform's functioning is presented on Figure 4.

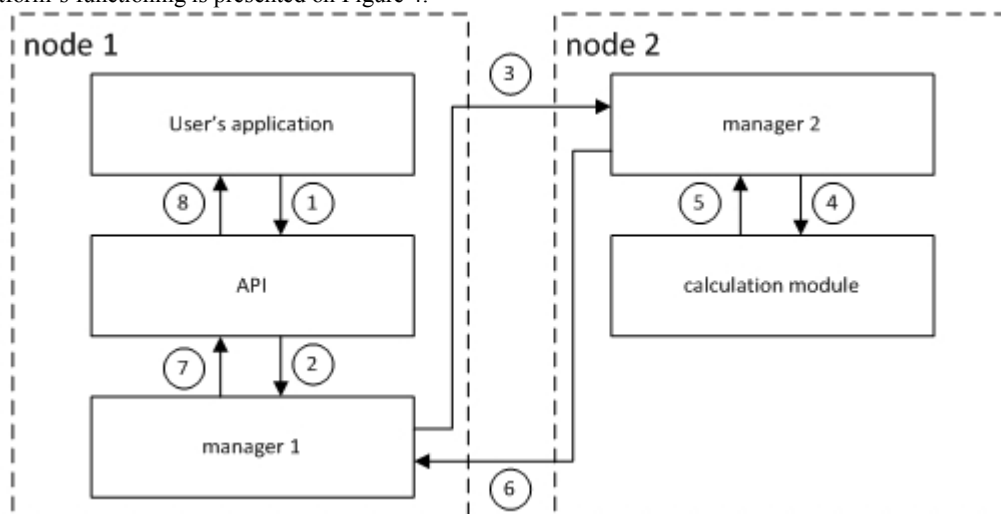


Fig. 4 – Platform's functioning

Numbers on the figure represents main operations of calculation:

1. User's application sends request to API about calculation with specified calculation module.
2. API forms SOAP-request about calculation and sends it to manager, which is located on the same node with user's application.
3. The manager determines node to calculate based on chosen optimality criterion and sends a message to this node's manager.
4. Remote node's manager unpacks data from SOAP-message and calls module for the calculation.

5. Module returns calculation result to manager after the calculation.
6. Remote node's manager forms SOAP-reply and sends it to first manager.
7. First manager gets the reply and sends it to API
8. API unpacks the reply and gives it to user's application.

Conclusion

Platform's tests showed a significant decrease (up to 30%) of calculation time of tasks with big amount of data. Also the efficiency of hardware use increased. Distribution of application decreased load level of each calculation node.

So the described platform solves the main problems of creation and use of distributed software. The unified computing environment provides efficient management of distributed calculations and allows avoiding problems with conflicts of several unrelated distributed applications. Use of the platform greatly simplifies creation of distributed applications and doesn't require knowledge of distribution techniques from developer.

The platform's functioning almost invisible to end user. Network nodes' search, nodes' use and calculation planning are performed by the platform automatically.

References

1. Jefferey K. The future of cloud computing / K. Jefferey, B. Neidecker-Lutz // Cloud Computing Expert Group Report 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/ssai/docs/cloud-report-final.pdf>, свободный (дата обращения: 15.07.2012).
2. Таненбаум Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2003. – 4-е издание. – 992 с.
3. Олифер, Н.А. Сетевые операционные системы / Н.А. Олифер, В.Г. Олифер. – СПб.: Питер, 2009. – 2-е издание. – 672 с.
4. Браун К. Создание корпоративных Java-приложений для IBM WebSphere / К. Браун, Г. Крейг, Г. Хестер. – М.: Кудиц-образ, 2005. – 860 с.
5. Резник С. Основы Windows Communication Foundation для .NET Framework 3.5 / С. Резник, Р. Крейн, К. Боуэн. – М.: ДМК пресс, 2008. – 480 с.
6. Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0 / С. Matthew MacKenzie [и др.]. – OASIS Open. – 2006.
7. Ньюкомер Э. Веб-сервисы. XML, WSDL, SOAP и UDDI. / Э. Ньюкомер. – СПб.: Питер, 2003. – 256 с.

Покидышева Л.И.¹, Кайгородова М.С.²

¹Доцент, кандидат технических наук, ²студент, Сибирский федеральный университет

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №13-07-00814а.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ДЕРЕВА КРИТЕРИЕВ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗЛИЧИЙ

Аннотация

Одной из наиболее часто встречающихся статистических задач является сравнение двух выборок и оценка достоверности их различий. В статье построено дерево подбора критериев, наглядно демонстрирующее, для каких данных, какие критерии следует применять. Так как большинству групп данных соответствует более одного критерия, то предлагается отсортировать их по мощности. На основе дерева подбора критериев были написаны продукционные правила, при помощи которых выбираются критерии. Описаны разработанные программные средства для автоматизированного подбора критериев.

Ключевые слова: критерий достоверности различий выборок, дерево подбора критериев, программные средства для автоматизированного подбора критериев.

Pokidysheva L.I.¹, Kaigorodova M.S.²

¹PhD in Technical Science, associate professor, ²Postgraduate student, Siberian Federal University

DESIGN AND ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR THE ANALYSIS OF DATA BY TREE CRITERIA OF SIGNIFICANCE OF DIFFERENCES

Abstract

One of the most common statistical problems is to compare the two samples and the evaluation of the reliability of their differences. The paper described a selection tree of criteria, that demonstrates to what data what criteria should be applied. Since most of the data sets corresponds to more than one criterion, it is proposed to sort them by power. Production rules by which the criteria are selected, were written by tree-based selection of criteria. The software for automated selection of criteria developed.

Keywords: criteria of the significance of differences of samples, selection tree of criteria, software for automated selection of criteria.

В настоящее время ученые используют множество методов математической статистики для анализа данных, полученных в ходе экспериментов [1-3]. При этом одной из наиболее часто встречающихся статистических задач является сравнение двух выборок и оценка достоверности их различий. Помимо этого нередко возникает необходимость оценить характер изменения того или иного показателя в одной или нескольких группах в разные периоды времени или выявить динамику изменения этого показателя. Для этого необходимо изучать критерии оценки достоверности различий и условия, при которых стоит применять тот или иной критерий. При этом выбираются наиболее популярные критерии, которые могут не подходить для обработки конкретных данных. Вследствие этого данные, полученные в результате исследований, могут быть ошибочными и приводить к непоправимым последствиям.

На сегодняшний день не существует готовых систем, способных автоматизировано подбирать критерии достоверности различий выборок для исследуемых данных. Разработка и применение такой системы позволило бы освободить специалиста узкой области от подбора критерия вручную, дало бы возможность сконцентрироваться на проблеме, решаемой исследованием, и значительно ускорило бы анализ данных.

Для проведения статистического анализа в первую очередь необходимо определить тип анализируемых данных и взаимосвязи между ними.

Существует достаточно большое количество критериев для определения достоверности различий выборок данных [1-4].

Были изучены: t-критерий Стьюдента (в случае несвязных и связанных выборок), F-критерий Фишера, критерий знаков, T-критерий Вилкоксона, критерий Макнамара, U-критерий Манна-Уитни, Q-критерий Розенбаума, критерий χ^2 , критерий Фридмана, H-критерий Крускала-Уоллиса, S-критерий тенденций Джонкира.

При изучении критериев достоверности различий выборок было выявлено 4 наиболее существенных параметра, на основании которых должен проводиться подбор критериев для анализа заданных данных. К таким параметрам относятся:

- тип данных, содержащихся в выборках;
- распределение;
- связность выборок;
- число сравниваемых выборок.

На основании этих параметров было построено дерево, наглядно демонстрирующее, для каких данных, какие критерии следует применять (рисунок 1). Так как большинству групп данных соответствует более одного критерия, то было принято решение отсортировать их по мощности, начиная с самого слабого и заканчивая самым сильным.

Затем, опираясь на дерево подбора критериев, были написаны продукционные правила, при помощи которых выбираются критерии. Если выбрано несколько критериев, то они применяются поочередно, начиная с самого маломощного и заканчивая тем критерием, который обнаружит статистическую достоверность различий выборок, или самым мощным. При таком подходе возможно три различных исхода:

- первый критерий обнаружит достоверность различий. В этом случае результат анализа будет содержать только данные, полученные с помощью этого критерия.
- достоверность различий обнаружит не первый критерий. Тогда результат анализа будет содержать данные, полученные при помощи наиболее мощного критерия давшего отрицательный результат, и данные, полученные при помощи критерия давшего положительный результат;
- ни один критерий не обнаружит достоверность различий выборок. В этом случае результат анализа будет содержать данные, полученные при помощи самого мощного критерия.

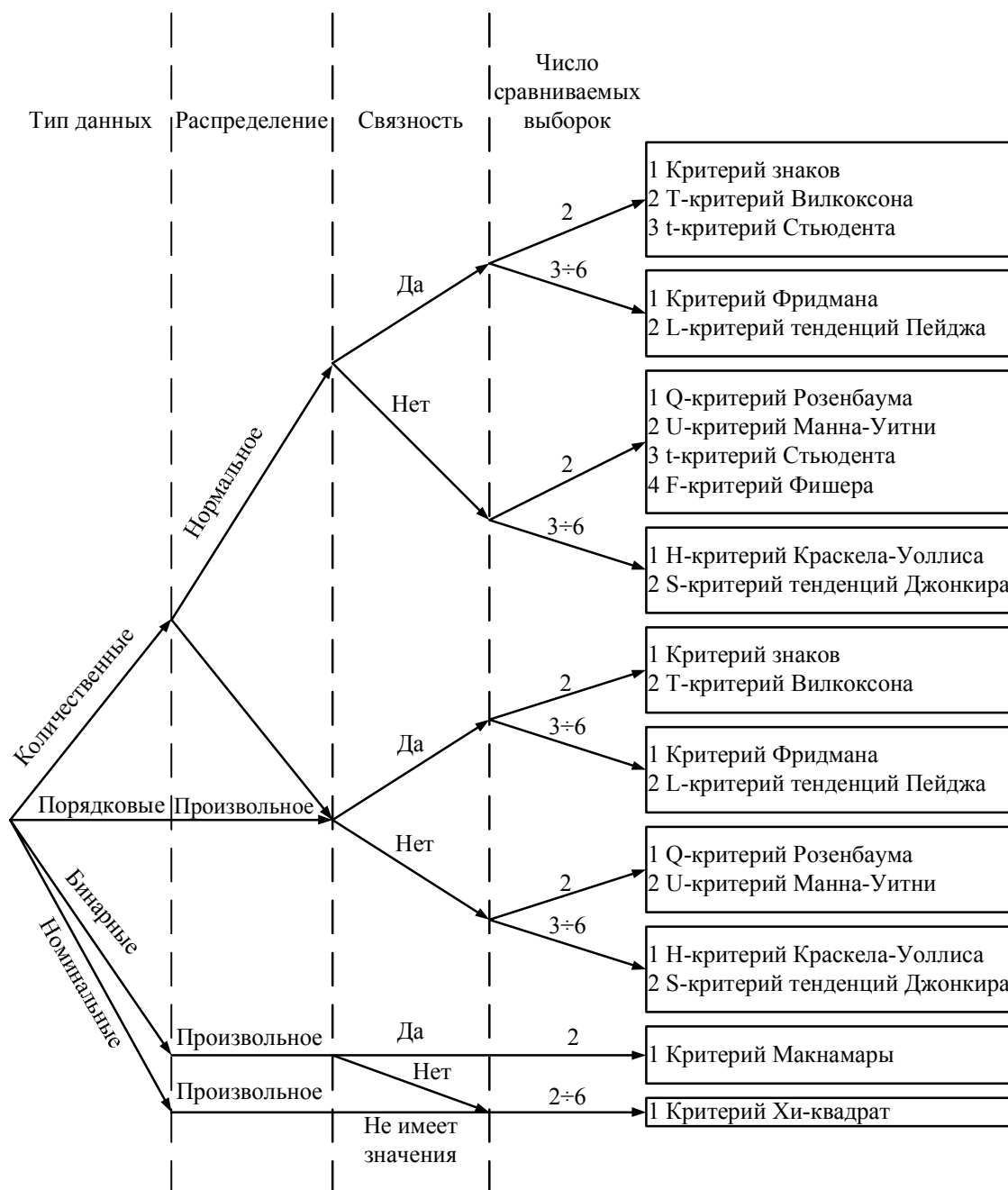


Рис. 1 – Дерево подбора критериев.

Далее была разработана структура системы (рисунок 2). Систему можно разделить на такие основные блоки как интерфейс и блок анализа выборок.

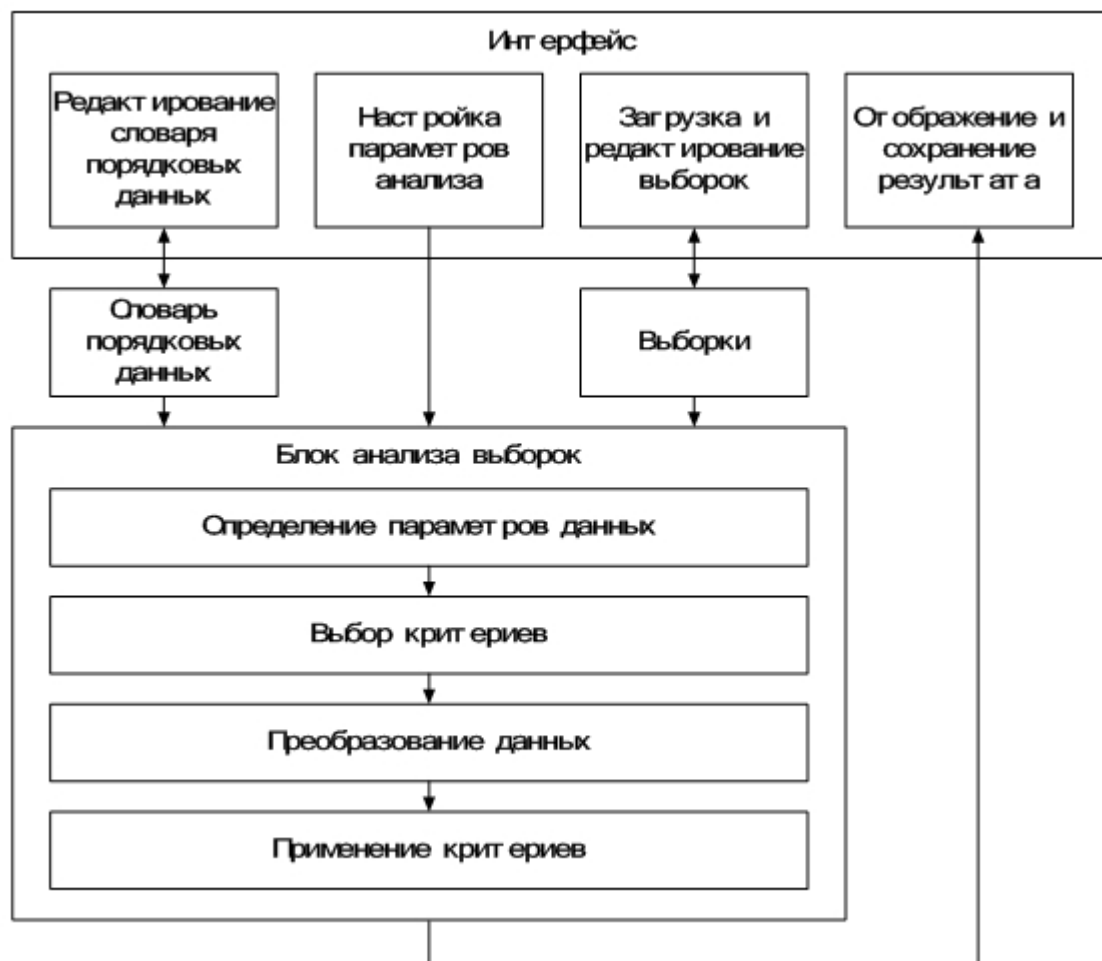


Рис. 2 – Схема разработанной системы

Был реализован алгоритм для определения возможных типов данных, содержащихся в одной из сравниваемых выборок, алгоритм для определения возможных типов данных, содержащихся в одной из сравниваемых выборок и другие.

Система написана на языке программирования python с применением библиотек: PyQt, Pandas, SciPy, StatsModels [5-8]. Все использованные библиотеки являются бесплатными и свободно распространяемыми.

При создании системы были написаны следующие классы: AppWindow, Dictionary, Analyzer, Parameters, Result, CreationDialog.

AppWindow – это класс главного окна системы. С его помощью данные загружаются, отображаются, редактируются, сохраняются и т.д.

Dictionary – это класс, предназначенный для работы со словарем порядковых данных. Он позволяет отображать, редактировать, сохранять словарь.

Analyzer – класс, который определяет параметры исследуемых данных, затем на их основе подбирает критерии, подходящие для их анализа, и с помощью подобранных критериев определяет достоверность различий выборок.

Классы Parameters, Result и CreationDialog – это не большие классы, предназначенные для получения каких либо данных от пользователя и отображения результата анализа данных.

Пользователь может загрузить и сохранить данные в файл с расширениями *.csv, *.xls, *.xlsx.

Разработанная система является кроссплатформенной. Для ее запуска на определенной операционной системе необходимо установить python2, python2-pyqt5 5.2.1-2, python2-pandas 0.13.1-1, python2-statsmodels 0.5.0-2, python2-scipy 0.13.3-2. В случае необходимости можно собрать исполняемый файл (.EXE).

После загрузки данных и проведения анализа программа выдает результаты в новом окне, изображенном на Рисунке 3.

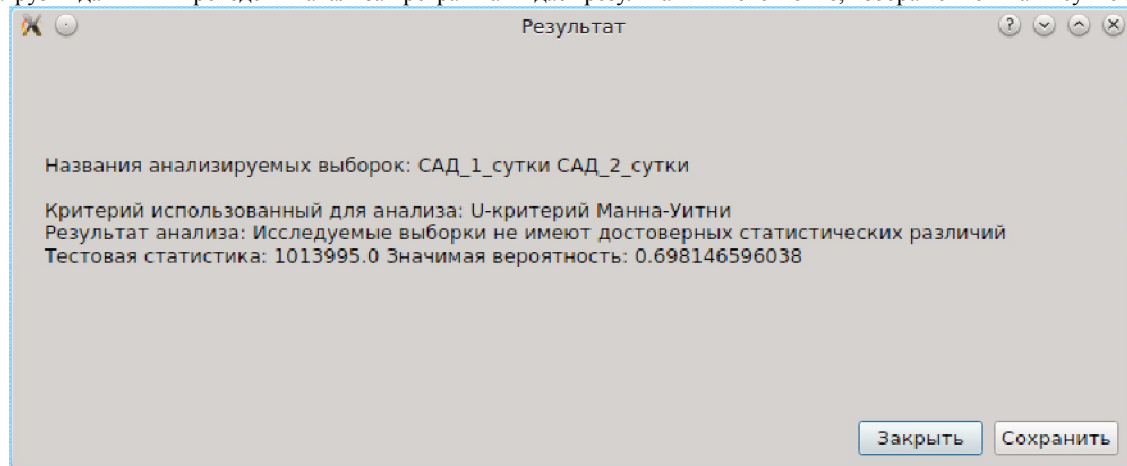


Рис. 3 – Окно для отображения результатов анализа

Разрабатываемая система предназначена для обнаружения статистически достоверных различий двух и более выборок. Применение данной системы позволяет значительно сократить время исследований.

Система протестирована на биомедицинских данных. Результаты полностью совпадают с результатами медицинских исследований.

Литература

- 1 Пакет статистической обработки археологических данных [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sati.archaeology.nsc.ru/stat/>.
- 2 Реброва, О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О.Ю. Реброва – Москва: МедиаСфера, 2002. – 312 с.
- 3 Математическая статистика для психологов. Учебник / Ермолаев О.Ю. – 2-е изд. Испр. – М. Московский психолого-социальный институт. Флинта 2003 – 336 с. – (Библиотека психолога)
- 4 Наследов, А. Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных: Учебное пособие / А. Д. Наследов – Санкт-Петербург: Речь, 2004. – 392 с.
- 5 Документация PyQt5 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt5/index.html>.
- 6 Документация Pandas [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/>.
- 7 Документация SciPy [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.scipy.org/doc/>.
- 8 Документация StatsModels [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://statsmodels.sourceforge.net/devel/>.

References

- 1 Paket statisticheskoy obrabotki arheologicheskikh dannyh [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.sati.archaeology.nsc.ru/stat/>.
- 2 Rebrova, O. Ju. Statisticheskij analiz medicinskih dannyh. Primenenie paketa prikladnyh programm STATISTICA / O.Ju. Rebrova – Moskva: MediaSfera, 2002. – 312 s.
- 3 Matematicheskaja statistika dlja psihologov. Uchebnik / Ermolaev O.Ju. – 2-e izd. Ispr. – M. Moskovskij psihologo-social'nyj institut. Flinta 2003 – 336 s. – (Biblioteka psihologa)
- 4 Nasledov, A. D. Matematicheskie metody psihologicheskogo issledovanija. Analiz i interpretacija dannyh: Uchebnoe posobie / A. D. Nasledov – Sankt-Peterburg: Rech', 2004. – 392 s.
- 5 Dokumentacija PyQt5 [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt5/index.html>.
- 6 Dokumentacija Pandas [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/>.
- 7 Dokumentacija SciPy [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://docs.scipy.org/doc/>.
- 8 Dokumentacija StatsModels [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://statsmodels.sourceforge.net/devel/>.

Половников Д.А.¹, Ельникова В.Ю.²

¹Магистрант, Хакасский Государственный Университет им. Н.Ф. Катанова; ²Старший преподаватель каф. «Электроэнергетика» Хакасский технический институт – филиал СФУ

ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ (РХ) РЕСУРСАМИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (ВИЭ)

Аннотация

В статье рассмотрен метод расчета оценки обеспеченности территории ресурсами ВИЭ. Составлены карты распределения солнечной и ветровой энергии. Приведена оценка потенциала областей для решения прикладных задач по использованию установок солнечных батарей и ветрогенераторов как объектов распределенной генерации. Приведены снимки программы учебника, составленного для обучения расчетам потенциалов возобновляемых источников.

Ключевые слова: ВИЭ, Республика Хакасия, электронное пособие, энергетика

Polovnikov D.A.¹, Elnikova V.Y.²

¹Magistrant, Khakas State University named after N.F. Katanova; ²The senior teacher of the Chair The "Power" of Hakas technical institute-a branch of FMS

THE AMOUNT ESTIMATING OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE KHAKASS REPUBLIC

Abstract

The article describes calculation method adequacy of the territory in renewable electricity. We have mapped the distribution of solar and wind energy. We evaluated the potential installations areas of solar panels and wind turbines. Also in the paper we show screenshots of the program, which is capable of self-learning for the potential calculation.

Keywords: renewable electricity, Khakas Republic, program for self-learning, energy

Введение

Актуальность работы. Актуальность данного проекта связана, прежде всего, с выполнением программы по энергосбережению и повышению энергоэффективности в РХ для территорий, которые находятся в зоне децентрализованного электроснабжения. Эти регионы отличаются достаточно дисперсным характером расселения людей. Как правило, они оторваны от Единой системы энергоснабжения страны. Многие из территорий имеют весьма высокую значимость экосистемы и ее уязвимость к антропогенным влияниям. При использовании ВИЭ антропогенная нагрузка значительно снизится из-за вытеснения традиционных установок. Данная идея целиком соответствует "Основам государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года".

Под возобновляемые источники электроэнергии отводятся достаточно большие площади. Это специфика их как ресурса. ВИЭ имеют низкую плотность и непостоянство потока энергии. Отведение земель под энергетические комплексы ВИЭ связано с весьма падающим воздействием на растительный и почвенный покров, в сравнении с промышленными зонами атомных и тепловых электростанций. При использовании ВИЭ в децентрализованных зонах энергоснабжения возрастает их актуальность. Проекты, связанные с ветровой и солнечной энергетикой могут обходиться дешевле, чем проекты, связанные с традиционной энергетикой.

1 Создание региональной геоинформационной системы по возобновляемым источникам энергии

Начальный этап: Для комплексной оценки возможности использования на территории РХ ВИЭ необходимо оценить их ресурсы. Для достижения этой цели в данной работе будет использован картографический метод.

Картографический метод исследования - метод исследований, основанный на получении необходимой информации с помощью карт для научного и практического познания изображенных на них явлений [2].

Также стоит отметить, что на имеющихся, на данный момент картах, Республика Хакасия, как правило, отмечена как одна область с одними параметрами.

Первоначально необходимо определить границы изучаемой территории, ее приблизительный ландшафт, а также границы регионов.

В данной работе использована подробная карта РХ (рисунок 1.1), на которой обозначены: населенные пункты, ландшафт, границы областей, площадь и население регионов (на 1997г).



Рисунок 1.1 - Карта РХ

1.1 Получение данных для оценки ресурсов ВИЭ (комплекс метеорологических и актинометрических данных) по ветровой энергии и солнечной энергии

Для исследования необходимо выбрать на карте характерные точки [3].

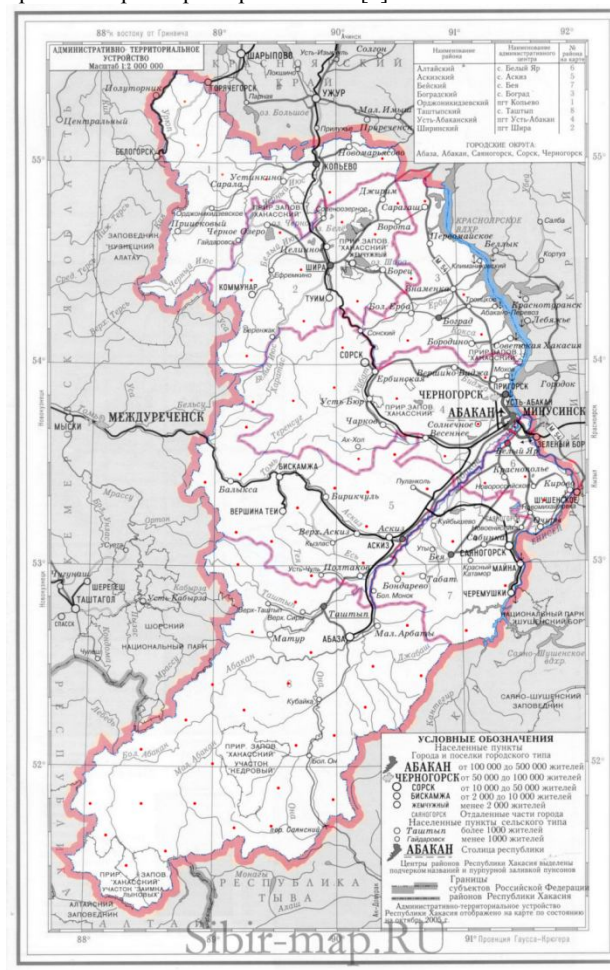


Рисунок 1.1.1 - Карта РХ с характерными точками

Далее следует определить характеристики ветропотока и солнечной интенсивности. Для данной цели будут использованы ресурсы интернет, а именно, проект «RETSscreen» [4].

Переход к современным методам регистрации метеорологических данных привел к созданию климатической информации. На сегодняшний день существует значительное число таких баз данных.

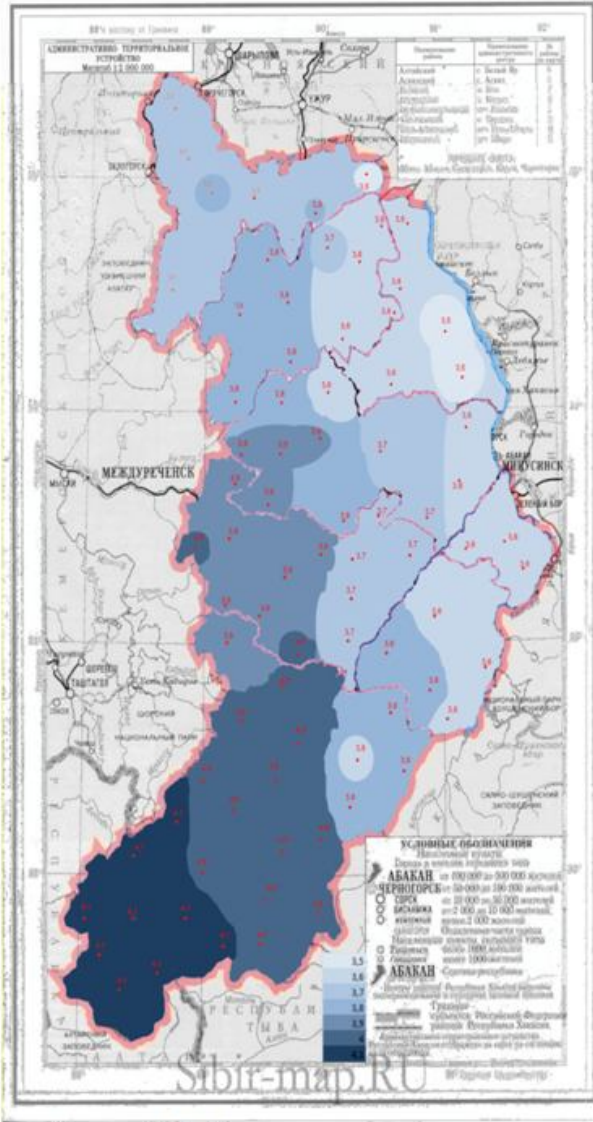
Информация примерно по тысяче метеостанций содержится в программных продуктах RETScreen (Канада). Следует отметить, что любое, претендующее на охват значительных территорий расчетное исследование установок, использующих энергию солнца и ветра в качестве «побочного» продукта, приводит к накоплению структурированных климатологических данных.

Большие возможности для проектирования открываются в связи с тем, что исследования NASA находятся в открытом доступе и доступны для использования. А ввиду их постоянного обновления – данный выбор является оптимальным.

На основе полученных данных составляются таблицы распределения ресурсов ветровой и солнечной энергетики по РХ, а также карты распределения.

Таблица 1.1.1 - Скорость ветра и солнечная радиация для характерных точек

	Долгота										
		87,5	88	88,5	89	89,5	90	90,5	91	91,5	92
Широта	55,5	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6	3,53	3,53	3,47	3,47	3,43
	54,5	3,9	3,83	3,83	3,77	3,77	3,63	3,63	3,53	3,53	3,43
	53,5	4,1	3,97	3,97	3,87	3,87	3,73	3,73	3,57	3,57	3,43
	52,5	4,2	4,1	4,1	3,97	3,97	3,8	3,8	3,6	3,6	3,43
	51,5	4,23	4,13	4,13	4	4	3,87	3,87	3,63	3,63	3,4
	Долгота										
		87,5	88	88,5	89	89,5	90	90,5	91	91,5	92
Широта	55,5	3,1	3,06	3,06	3,06	3,06	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07
	54,5	3,14	3,01	3,01	3,01	3,01	3,13	3,13	3,13	3,13	3,15
	53,5	3,26	3,17	3,17	3,17	3,17	3,27	3,27	3,27	3,27	3,23
	52,5	3,34	3,31	3,31	3,31	3,31	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
	51,5	3,4	3,45	3,45	3,45	3,45	3,63	3,63	3,63	3,63	3,67



$$P_o = \frac{1}{2} \rho \int_0^{\infty} V^3 f(V) dV; \quad (1.2.1)$$

ρ - плотность воздуха, равная 1,225 кг/м куб на уровне моря при атмосферном давлении 760 мм рт. Ст. и температуре 15 С, V- скорость ветра (м/с)

По принятым в инженерной практике формулам рассчитаны потенциалы ветровой и солнечной энергии, представленные в табл.1.2.1.

Нормализация исходных показателей позволяет преодолеть их разноразмерность, сохранив те же соотношения между видами ресурсов по различным районам. Нормированные значения (α_{ij}) удельного потенциала ресурсов рассчитываются по формуле:

$$\alpha_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^0}{x_j^{\max} - x_j^0} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, 3 \dots n \\ j = 1, 2, 3 \dots m \end{matrix} \quad (1.2.2)$$

где n - количество территориальных единиц,

m - количество показателей потенциала ресурсов (x_{ij}),

x_{j0} - наименьшее значение (по каждому показателю ресурсов) из всех регионов,

$x_{j\max}$ - наиболее отличающееся от x_{j0} значение показателя [1].

Важным представляется характеристика общей обеспеченности территориальных единиц ресурсами ВИЭ. Для этого предлагается определить суммарные значения по всем удельным нормированным потенциалам (УНП) ресурсов по отдельным видам возобновляемых источников энергии.

Величина

$$S_i = \sum_{j=1}^m \frac{x_{ij} - x_j^0}{x_j^{\max} - x_j^0} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, 3 \dots n \\ j = 1, 2, 3 \dots m \end{matrix} \quad (1.2.3)$$

была названа «Суммарный удельный нормированный потенциал» (СУНП).

Далее, на основе полученных данных, составляем таблицу 1.2.1

Таблица 1.2.1 - Вычисление потенциалов

Наименование	S	n	Потенциал ветроэнергии	Руд	Wв	Wвр	a1
Единицы измерения	Км ²	человек		Вт/м ²	млн кВт*ч/км ²	млн кВт*ч/год /чел	
Вычисление				Руд=1,17* V ³ ср	Wв=0,438* Руд	Wвр=Wв *S/n	a=(Wвр-xmin)/(xmax-xmin)
Орджоникидзевский	6610	14540		59,37	26,01	11,82	0,25
Ширинский	6880	27824		59,86	26,22	6,48	0,12
Богградский	6660	15325		52,82	23,13	10,05	0,21
Усть-Абаканский	8880	41331		62,12	27,21	5,85	0,10
Алтайский	1736	23509		54,59	23,91	1,77	0,00
Бейский	4536	21796		58,43	25,59	5,33	0,09
Аскизский	7536	43286		66,35	29,06	5,06	0,08
Таштыпский	20290	15871		74,65	32,7	41,8	1,00
						xmin=	1,77
						xmax=	41,80

Наименование	S	n	Потенциал солнечной энергии	Еуд	Wвр	a2
Единицы измерения	Км ²	человек		кВт*ч/м ²	млн кВт*ч/год /чел	
Вычисление				Еуд=E0*365	Wвр=Eуд*S/n	a=(Wвр-xmin)/(xmax-xmin)
Орджоникидзевский	6610	14540		1109,6	504,43	0,28
Ширинский	6880	27824		1120,55	277,08	0,13
Богградский	6660	15325		1142,45	496,49	0,28
Усть-абаканский	8880	41331		1167	250,73	0,11
Алтайский	1736	23509		1193,55	88,14	0
Бейский	4536	21796		1211,07	252,04	0,11
Аскизский	7536	43286		1175,02	204,57	0,08
Таштыпский	20290	15871		1224,15	1565	1
					xmin=	88,14
					xmax=	1565

W_v – удельный валовый потенциал ветровой энергии территории,
 $R_{уд}$ – удельная мощность ветрового потока,
 $W_{вр}$ – удельный технический потенциал ресурсов ВИЭ на 1 человека данной территории,
 (a_1, a_2) – нормированные значения удельного потенциала ресурсов,
 E_0 – среднее дневное значение солнечной радиации ($кВт \cdot ч/м^2$),
 $E_{уд}$ – среднее годовое значение солнечной радиации,

Карта с распределением суммарного удельного нормированного потенциала ВИЭ по регионам РХ представлена на рис. 1.2.1.

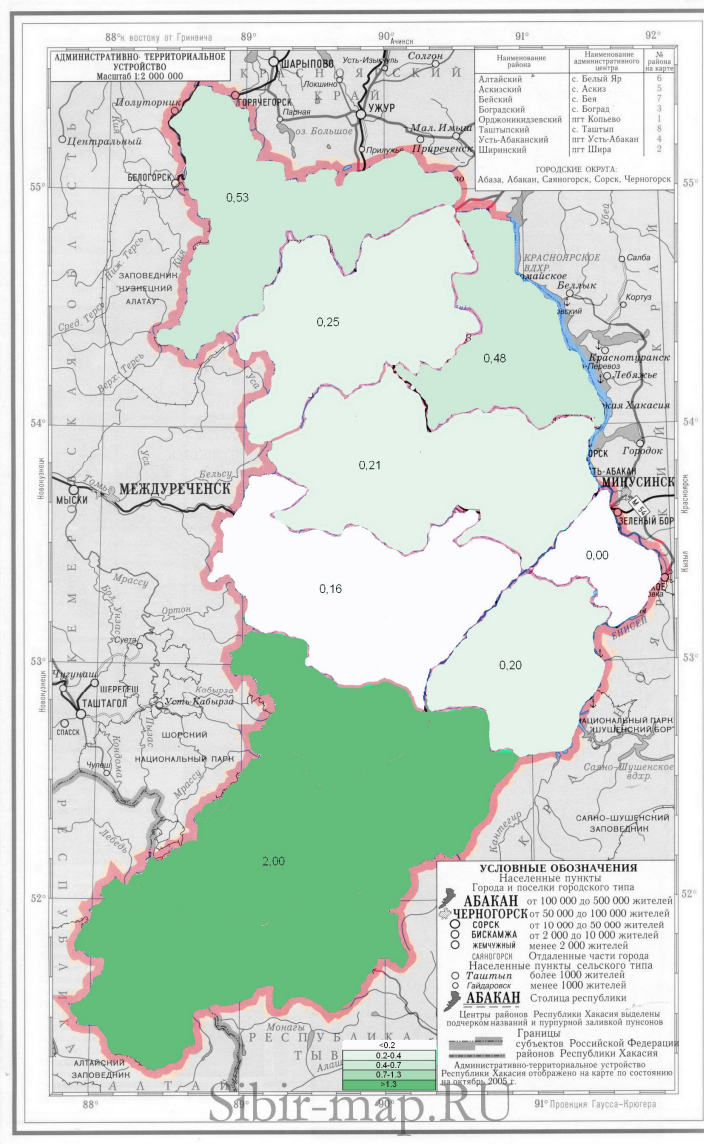


Рисунок 1.2.1 – Карта РХ с распределением суммарного удельного нормированного потенциала ВИЭ

Проведенные расчеты позволяют сделать вывод о потенциале использования ресурсов ВИЭ на территории РХ.

Литература

- Нефедова Л.В. Метод регионального анализа ресурсов ВИЭ на основании расчета показателя суммарного удельного нормированного потенциала /Теплоэнергетика, 2008, № 12, с. 2-5.
- Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. – М.: ОИВТ РАН, 2010. 84 С.
- Административная карта республики Хакасия [Электронный ресурс] URL: <http://khakasiya-map.ru/1420133.html> (дата обращения 07.04.2013).
- Surface meteorology and Solar Energy . A renewable energy resource web site (release 6.0). Sponsored by NASA's Earth Science Enterprise Program [Электронный ресурс] URL: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETSscreen/> (дата обращения 12.02.2013).

References

- Nefedova L.V. Metod regional'nogo analiza resursov VIJe na osnovanii rascheta pokazatelya summarnogo udel'nogo normirovannogo potentsiala /Teplojenergetika, 2008, № 12, s. 2-5.
- Popel' O.S., Frid S.E., Kolomic Ju.G., Kiseleva S.V., Terehova E.N. Atlas resursov solnechnoj jenerгии na territorii Rossii. – M.: OIVT RAN, 2010. 84 S.
- Administrativnaja karta respublikii Hakasija [Jelektronnyj resurs] URL: <http://khakasiya-map.ru/1420133.html> (data obrashhenija 07.04.2013).
- Surface meteorology and Solar Energy . A renewable energy resource web site (release 6.0). Sponsored by NASA's Earth Science Enterprise Program [Jelektronnyj resurs] URL: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETSscreen/> (data obrashhenija 12.02.2013).

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Аннотация

В представленной научной статье, основанной на анализе методик определения оптимальных параметров измельчения материалов в шаровых мельницах, были условно обозначены этапы развития и реализации этих методик. Выделяются и описываются характерные особенности каждого этапа.

Ключевые слова: шаровая мельница, моделирование, оптимизация параметров

Pytalev I.A.1, Popova T.M.2, Prokhorov A.A.2

¹PhD in engineering, associate professor of Magnitogorsk State Technical University the name of Nosov G.I. ²Master of 1 course Magnitogorsk State Technical University the name of Nosov G.I., ³Director of LLC "RIF-Mikromramor"

POST-EVENT ANALYSIS OF METHODS OF DETERMINATION OF OPTIMUM PARAMETERS OF CRUSHING OF MATERIALS IN BEAD MILL

Abstract

In this research article, based on the analysis of methods for determining the optimal parameters of crushing of materials in ball mills, were conditionally designated stages of development and realization of these methods. Were described the characteristics of each stage.

Keywords: bead mill, modeling, parametric optimization

В период плановой экономики первостепенное значение отдавалось достижению установленных объемов производства. При этом в большинстве случаев вопросы качества производимой продукции и затрат на ее производство были второстепенны. Именно в этот период, с целью достижения заданных темпов индустриализации страны в эксплуатацию, были введены месторождения с высоким содержанием полезного компонента и низким коэффициентом вскрыши, что обеспечивало приемлемые показатели их разработки и переработки полезного ископаемого. В настоящее время большинство крупных по запасам месторождений отработаны, либо находятся на стадии доработки, а вновь вводимые в эксплуатацию месторождения имеют низкую инвестиционную привлекательность [1], несмотря на более эффективные современные способы добычи и технологии переработки полезных ископаемых. Вместе с тем в себестоимости переработки полезного ископаемого основная доля затрат приходится на процесс измельчения [2]. В основном на горно-обогатительных предприятиях РФ и стран СНГ используются барабанные шаровые, стержневые мельницы и мельницы самоизмельчения. При этом наибольшее распространение получили барабанные шаровые мельницы.

Решение вопроса снижения энерго- и материалоемкости процесса измельчения является актуальной научно- практической задачей, поскольку снижение затрат на несколько процентов позволит значительно повысить эффективность переработки полезного ископаемого. Определение оптимальных параметров режимов измельчения обеспечивает минимизацию материало- и энергоемкости данного процесса.

В результате анализа существующих методик определения оптимальных параметров измельчения условно выделены 3 основных этапа развития и реализации методик определения оптимальных параметров процесса измельчения:

1. Физическое моделирование, конец 19–начало 20 в. (барабанная шаровая мельница была создана в 1665 г. [2]. Принцип действия шаровой М. известен с начала 18 в. Первая роликовая мельница была изобретена Шранцем в Германии в 1870 г.. Барабанные мельницы применяются с 80-х гг. 19 в., широко распространены с 1910 г.. [3]) ;

2. Математическое моделирование (середина 20 в.) [4];

3. Имитационное моделирование (конец 20 в.) [4].

Необходимо отметить, что существующие на сегодня методики определения оптимальных режимов измельчения, выбора формы мелющих тел и формы барабана и других параметров направлены на их определение с учетом нескольких критериев (высокая степень помола, низкий износ мелющих тел и др.) при значительном количестве допущений и упрощений.

Первый этап. Основная идея методик заключается в физическом моделировании процессов измельчения материалов в лабораторных установках. Основными методиками являются:

1) методики имитации замкнутого цикла заключаются в измельчении порционного количества материала и взятии проб через определенные промежутки времени и рассеивании их на ситах. К этим методикам относятся: методика с постоянными периодами измельчения [5], методика с постоянными циркулирующими нагрузками и методика профессора С.Е.Андреева, отличается от предыдущих тем что, при постоянной массе загрузки соотношение между составляющими выдерживаются в каждом цикле таким, какое получилось бы в условиях непрерывного процесса [6];

2) методика Бонда [6]. Основана на его теории, наряду со следующими требованиями: постоянная загрузка шаров, замкнутый цикл, естественное питание, возможность использования показателей для различной степени измельчения, установившийся режим работы мельницы по завершении испытаний и воспроизводимость результатов. Эти требования подбирались с тем, чтобы смоделировать в лаборатории в максимальном приближении режим работы крупных промышленных установок;

3) методика института механобчермет построена на основе разработанных положениях моделирования процессов измельчения [7]. Расчеты производятся при помощи ЭВМ. Недостатком этой методики служит то, что используется ряд допущений при выполнении расчета (по эффективности классификации, по циркулирующей нагрузке промышленной мельницы, мощности и т.п.), а так же то, что данная методика имеет ряд условностей и недостаточно четкий принцип моделирования условий промышленной мельницы;

4) методика московского химико-технологического института [6]. Теоретические основы этой теории заключаются в том что, вновь образованная поверхность прямо пропорциональна затраченной энергии. По описанным ранее методикам оценка в целях упрощения делалась по выбранному отверстию сита, а по данной методике показатель новой поверхности рассчитывался через известную массу фракций;

5) методика измельчения в открытом цикле заключается в проведении опытов измельчения в открытом цикле по физико – механическим свойствам руд черных и цветных металлов и некоторых искусственных материалов. По результатам опытов рассчитаны уравнения для каждого материала, т.е. составлены уравнения кинетики измельчения исследованных продуктов. Благодаря установленным зависимостям определяется коэффициент измельчаемости исследуемого материала по отношению к эталонной при нужной степени измельчения, т.е. при заданном содержании расчетного класса в измельченном продукте [6].

Основным достоинством всех методов первого моделирования является возможность вариации параметров модели. Но для осуществления данных вариаций необходимо построение новых моделирующих установок. Физическое моделирование имеет основной недостаток, который заключается в том, что невозможно получить дискретные данные. Для того чтобы получить полный спектр данных необходимо применять поправочные коэффициенты, либо же производить интерполяцию или аппроксимацию полученных значений, что в итоге приводит к расхождению результатов моделирования и практических данных.

Второй этап. Метод математического моделирования с использованием ЭВМ. Математическая модель представляет собой совокупность соотношений (формул, уравнений, неравенств, логических условий), определяющих процесс изменения состояния системы в зависимости от ее параметров, выходных сигналов, начальных условий и времени [4].

Основным достоинством этого метода моделирования является возможность осуществления больших вычислений при помощи ЭВМ, что говорит о более высокой точности, чем у методов первого этапа, а также о низких энергозатратах и времени на получение результатов. Так же математическое моделирование позволяет выделить для исследования наиболее важные свойства объекта, абстрагируясь от несущественных его характеристик. Недостатком моделирования является запрограммированность результата свойствами самой модели (в рамках выбранного метода). В процессе создания модели в ее структуру явно или неявно может быть заложен ожидаемый результат (гарантирующий подтверждение проверяемой гипотезы) [8].

Все методики данного этапа носят аналитический характер и к концу 20 века не могли быть реализованы с требуемой степенью точности. Ограничение использования данных методик явилось следствием отсутствия достаточно мощных ЭВМ.

Третий этап. Благодаря тому что, большая часть сложных вычислений выполняется при помощи ЭВМ, увеличивается число факторов влияющих на процесс измельчения, кроме того, в данных моделях автоматически учитываются ранее принятые допущения и упрощения (коэффициент трения, сила тяжести и т.д.) и отсутствует необходимость обосновать критерии подобия. Главной задачей компьютерного моделирования становится имитация процесса в соответствии с заданными характеристиками (скорость движения, шаровая нагрузка, коэффициент трения и т.д.).

Основная сложность сводится к заданию среды, моделированию изменения измельчаемой породы (среды измельчения) по причине того что, среда находится в постоянном изменении (меняется гранулометрический состав).

Создание таких моделей может быть реализовано с использованием продуктов Ansys, Inventor Professional, Simulation Mechanical и аналогичных им. При создании модели последовательность действий сводится к заданию геометрических параметров, параметров работы установки и параметров среды, а также к установлению связей между элементами. Результатом является наглядное представление процесса измельчения и получение значения всех составляющих сил в пространстве и времени с учетом их величин и направления. Помимо этого, фиксируется точная траектория движения каждого шара, отслеживается изменение скорости в заданный промежуток времени.

Имитационное моделирование на современном этапе дает возможность визуализации процесса измельчения материалов, оптимизировать параметры на любом этапе моделирования.

Таким образом, с момента начала широкого применения барабанных шаровых мельниц постоянно происходит процесс усовершенствования режимов работы, оптимизации форм барабана и мелющих тел с целью снижения энерго- и материалоемкости, а также себестоимости процесса. Имитационное моделирование учитывает факторы, которые на предыдущих этапах принимались в качестве допущений и упрощений. Каждый этап достигал максимума своей эффективности, в результате чего был замещен более прогрессивными способами. Сегодня есть возможность реализации имитационного моделирования, как эффективного способа на высокопроизводительных компьютерах.

Литература

1. Мельников И.Т., Пыталев И.А., Корнилов С.Н., и др. Снижение энергоёмкости гидротранспорта хвостов обогатительного производства железорудных горно-обогатительных комбинатов // Вестник МГТУ им. Г.И.Носова. 2012. №2 (38). С. 15-19;
2. Цыгалов А.М., Елисеев Н.И., Гришин И.А. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению. Учеб.пособие. – Маг-к: МГТУ, 2005. С. 3;
3. Мельница [электронный ресурс]. – Электронные текстовые данные. – Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/3017/Мельница, свободный;
4. Нечаевский, В.А. История развития компьютерного имитационного моделирования // Эл.журнал Системный анализ в науке и образовании – 2013. - №2;
5. Олевский В.А. Размольное оборудование обогатительных фабрик. М: Госгортехиздат, 1963. С.41;
6. Биленко Л.Ф. Закономерности измельчения в барабанных мельницах. М.: Недра, 1984. С.67,70, 76-78,84-86;
7. Шинкоренко С.Ф. О разработке единой методики определения измельчаемости руд. – Горный журнал. -1978. -№4-стр.62-66;
8. Новосельцев В.Н. Достоинства и недостатки математического моделирования // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 6 – стр. 121-122;

References

1. Mel'nikov I.T., Pytalev I.A., Kornilov S.N., i dr. Snizhenie jenergojomkosti gidrotransporta hvostov obogatitel'nogo proizvodstva zhelezorudnyh gorno-obogatitel'nyh kombinatov // Vestnik MGTU im. G.I.Nosova. 2012. №2 (38). S. 15-19;
2. Cygalov A.M., Eliseev N.I., Grishin I.A. Droblenie, izmel'chenie i podgotovka syr'ja k obogashheniju. Ucheb.posobie. – Mag-k: MGTU, 2005. S. 3;
3. Mel'nica [jelektronnyj resurs]. – Jelektronnye tekstovye dannye. – Rezhim dostupa: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/3017/Mel'nica, svobodnyj;
4. Nechaevskij, V.A. Istorija razvitiya komp'juternogo imitacionnogo modelirovaniya // Jel.zhurnal Sistemnyj analiz v nauke i obrazovanii – 2013. - №2;
5. Olevskij V.A. Razmol'noe oborudovanie obogatitel'nyh fabrik. M: Gosgortehizdat, 1963. S.41;
6. Bilenko L.F. Zakonomernosti izmel'chenija v barabannyh mel'nica. M.: Nedra, 1984. S.67,70, 76-78,84-86;
7. Shinkorenko S.F. O razrabotke edinoj metodiki opredelenija izmel'chaemosti rud. – Gornyj zhurnal. -1978. -№4-str.62-66;
8. Novosel'cev V.N. Dostoinstva i nedostatki matematicheskogo modelirovaniya // Fundamental'nye issledovanija. – 2004. – № 6 – str. 121-122;

Почкайло К. А.¹, Дыскина Б. Ш.²,

Магистрант¹, заведующий кафедрой «Химическая технология», доктор технических наук², ФБГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ИМПОРТНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация

Проведено исследование состава моторного масла вблизи границы с поверхностью металла в условиях эксплуатации, с целью формализованного описания противозносных свойств жидких смазочных материалов и включения соответствующих математических моделей в методики гидродинамических расчетов узлов трения.

Ключевые слова: моторные масла, противоизносные присадки, диалкилдитиофосфаты цинка, полимолекулярная адсорбция.

Pochkaylo K.A.¹, Dyskina B. Sh.²,

MA student¹, Doctor of Technical Sciences, Head of the Dept. "Chemical Technology"², FSSFEI HPE "SUSU" (NRU) "South Ural State University" (national research university)

STUDY OF THE ADSORPTION CAPACITY OF IMPORTED AND DOMESTIC LUBRICANT OIL ON THE METAL SURFACE

Abstract

The article considered the study of the composition motor oil near the border with the metal surface in the conditions of use for a formalized description of anti-wear properties of liquid lubricants and the inclusion of appropriate mathematical models in the methodology of hydrodynamic calculations of friction units.

Keywords: Motor oils, antiwear additives, zinc dialkyldithiophosphates, polymolecular adsorption.

Необходимым условием повышения ресурса современных двигателей, является обеспечение минимальной скорости изнашивания узлов. Обеспечение жидкостного трения достигается как конструктивными, так и технологическими методами. К последним относится, прежде всего, применение смазочных масел с высокими противоизносными свойствами. В связи с этим формализованное описание противоизносных свойств жидких смазочных материалов и включение соответствующих математических моделей в методики гидродинамических расчетов узлов трения актуально.

Объект исследования – образцы моторного масла: импортные марок Shell Rimula Super Fesa и Valvoline Premium Blue E и отечественного производства марок М-10 ДМ и М8-Г₂К.

Методика исследования. В каждый образец масла вносится железо карбонильное радиотехническое (ГОСТ 13610–79), тщательно перемешивается. Смесь нагревается до температуры 100 °С, выдерживается при этой температуре в течение 24 часов, затем охлаждается до комнатной температуры, после охлаждения масло сливается. Железный порошок аккуратно переносится на бумажный фильтр (синяя лента) и промывается четырёххлористым углеродом. Смыв помещается в сушильный шкаф до полного выпаривания растворителя. С исходного образца и экстрагированного масла снимаются ИК-спектры на приборе ИК-Фурье спектрометр ALPHA.

Принципиального различия между поведением отечественных и импортных моторных масел по данным ИК-спектров не выявлено. По результатам анализа ИК-спектров (таблицы 1 и 2) выяснено, что концентрирования противоизносных присадок (диалкилдитиофосфаты цинка – DDTPZ) в слое, прилегающем к поверхности металла, как в импортных, так и отечественных маслах не происходит. Следовательно, высоковязкий граничный полимолекулярный адсорбционный слой образован другими компонентами масла. Предложена гипотеза, что роль DDTPZ, как и других противоизносных присадок, сводится к инициированию процессов полимолекулярной адсорбции углеводородов,

Таблица 1. Показатели качества импортных образцов и экстрагированных масел

Наименование показателей	Значение показателей образцов:			
	Shell Rimula Super Fesa		Valvoline Premium Blue E	
	исходный	Fe	исходный	Fe
TBN, mg(KOH)/g	12, 09	1,494	11,3554	10,3484
Gasoline, abs/mm ²	0,0290	0, 0120	0,0110	0,014
Ethylene Glycol, abs/mm ²	0,6740	0,81	–0,2370	–0,163
Sulfate By-Products, abs/mm ²	14,686	12,6	16, 913	17,22
Diesel Fuel, (Absorbance)	221,4	244,2	217, 4	210,8
Antiwear (ZDDP), abs/mm ²	16,844	12,048	18,819	18,285
Nitration By-Products, abs/mm ²	–0,02	–0,015	–0,021	–0,016
Oxidation By-Products, abs/mm ²	11,175	3,596	12,118	14,3
Soot, %	–0,1910	–0,1910	–0,1885	–0,186
Water, abs/mm ²	19, 861	8,943	15,938	19,465

Таблица 2. Показатели качества образцов отечественных и экстрагированных масел

Наименование показателей	Значение показателей образцов:			
	М-10 ДМ		М8-Г ₂ К	
	исходный	Fe	исходный	Fe
TBN, mg(KOH)/g	10,7194	4,4064	3,8574	6,71
Gasoline, abs/mm ²	0,009	0, 009	0,01	0,027
Ethylene Glycol, abs/mm ²	1,1031	1,159	0,622	0,557
Sulfate By-Products, abs/mm ²	13,395	14,406	11,523	15,017
Diesel Fuel, (Absorbance)	280,4	280,7	245,4	221,1
Antiwear (ZDDP), abs/mm ²	11,806	12,274	11,836	16,848
Nitration By-Products, abs/mm ²	–0,0210	–0,0160	–0,019	–0,021
Oxidation By-Products, abs/mm ²	3,899	7,057	2,9	14,168
Soot, %	–0,1885	–0,1185	–0,1835	–0,1835
Water, abs/mm ²	17,77	23,8130	15,962	18,3110

вследствие высокой поверхностной энергии мономолекулярного слоя DDTPZ. Можно предположить, что различная противоизносная способность обусловлена качеством противоизносных присадок, а именно специфическим взаимодействием диалкилдитиофосфатов цинка с углеводородной основой.

Литература

1. Мухортов, И.В. Усовершенствованная модель реологических свойств граничного слоя смазки / И.В. Мухортов, Н.А. Усольцев, Е.А. Задорожная, И.Г. Леванов //Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2010. – № 5. – С. 8–19.
2. Рождественский, Ю.В. Применение неньютоновских моделей смазочных жидкостей при расчете сложно-нагруженных узлов трения поршневых и роторных машин / Ю.В. Рождественский, Е.А. Задорожная, И.Г. Леванов, И.В. Мухортов //Трибология – машиностроению. Тезисы докл. научно – техн. конф., посвященной 120-летию М.М. Хрущева. 7–9 декабря, Москва, 2010. – С. 65.
3. Браун, Э.Д. Современная трибология. Итоги и перспективы. /Э.Д. Браун, И.А. Буяновский, Н.А. Воронин и др. /Отв. ред. К.В.Фролов. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 480 с.
4. Фукс, Г.И. Вязкость и пластичность нефтепродуктов /Г.И. Фукс. – М.: Институт компьютерных исследований. – 2003. – 327 с.
5. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения /А.С Ахматов. –М.: Наука. – 1964. – 541 с.
6. Фридрихсберг Д.С. Курс коллоидной химии / Д.С. Фридрихсберг. – СПб: Химия. – 1995. – 400 с.

References

1. Muhortov, I.V. Usovershenstvovannaja model' reologicheskikh svojstv granichnogo sloja smazki / I.V. Muhortov, N.A. Usol'cev, E.A. Zadorozhnaja, I.G. Levanov //Trenie i smazka v mashinah i mehanizmah. – 2010. – № 5. – S. 8–19.
2. Rozhdestvenskij, Ju.V. Primenenie nen'jutonovskih modelej smazocznyh zhidkostej pri raschete slozhno-nagruzennyh uzlov trenija porshnevnyh i rotornyh mashin / Ju.V. Rozhdestvenskij, E.A. Zadorozhnaja, I.G. Levanov, I.V. Muhortov //Tribologija – mashinostroeniju. Tezisy dokl. nauchno – tehn. konf., posvjashhennoj 120-letiju M.M. Hrushheva. 7–9 dekabnja, Moskva, 2010. – S. 65.
3. Braun, Je.D. Sovremennaja tribologija. Itogi i perspektivy. /Je.D. Braun, I.A. Bujanovskij, N.A. Voronin i dr. /Otv. red. K.V.Frolov. – M.: Izd-tvo LKI, 2008. – 480 s.

4. Fuks, G.I. Vjazkost' i plastichnost' nefteproduktov /G.I. Fuks. – M.: Institut komp'juternyh issledovanij. – 2003. – 327 c.
5. Ahmatov A.S. Molekuljarnaja fizika granichnogo trenija /A.S. Ahmatov. –M.: Nauka. – 1964. – 541 s.
6. Fridrihsberg D.S. Kurs kolloidnoj himii / D.S. Fridrihsberg. – SPb: Himija. – 1995. – 400 s.

Ткачев В.А.¹ Прозорова Ю.А.²

¹Доктор технических наук, профессор; ²аспирант, Шахтинский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова».

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Аннотация

Приведены результаты исследования влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на зону неупругих деформаций вокруг подготовительной выработки. Выявлены зависимости, оценивающие влияние формы поперечного сечения, глубины заложения выработки, типа крепи, ширины охранного целика угля на зону неупругих деформаций.

Ключевые слова: сечение выработки, геомеханические процессы, крепь, целик угля.

Tkachev V. A.¹, Prozorova Y. A.²

¹Doctor of technical science ; ²postgraduate student, South-Russia State Polytechnical University named after M. I. Platov.

RESEARCH INTO DEFORMATIONS IN DEVELOPMENT FACE CAUSED BY MINING-GEOLOGICAL AND MINING-TECHNICAL FACTORS.

Abstract

Results of the study of the impact of mining-geological and mining-technical factors upon the zone of non-elastic deformations around development face are shown. Dependences of the impact of the form of cross-section, depth of mining, kind of support, width of safety pillar on the zone of none-elastic deformation are evaluated.

Keywords: cross-section of excavation face, geomechanical processes, support, coal pillar.

Обеспечение устойчивости подготовительных выработок выемочных участков является одной из основных проблем повышения технико-экономической эффективности подземной угледобычи.

Дальнейшее развитие добычи угля неизбежно сопряжено с переходом горных работ на все более глубокие горизонты. А это, в свою очередь, ведет к увеличению интенсивности проявлений горного давления в подготовительных выработках и ухудшению их состояния. Как показывает опыт работы шахт, состояние подготовительных выработок не только определяет объем ремонтных работ, но и в определенной степени влияет на работу транспорта, а вместе с этим, и на работу очистных забоев, приводя к простоям последних, а следовательно, и к удорожанию угля.

В настоящее время имеется целый набор способов, позволяющих обеспечить наилучшую сохранность подготовительных выработок. Для решения вопроса о выборе способов обеспечения устойчивости подготовительных выработок применительно к конкретным условиям той или иной шахты необходимо, прежде всего, комплексно подходить к решению проблемы.

Подготовительная выработка в разное время находится в различных геомеханических условиях, поэтому подход к степени эффективности крепи подготовительной выработки должен быть дифференцирован.

На первом этапе функционирования выемочного штрека, когда он находится вне зоны влияния очистных работ, возможно применение технологий, обеспечивающих их устойчивость с низкой степенью капиталности. К числу таких технологий относятся: понижение напряжений на контуре выработки за счет выбора наиболее эффективной формы поперечного сечения и контурного взрывания; применение анкерных крепей, включающих в работу массив пород.

На втором этапе функционирования подготовительной выработки – в зоне влияния очистных работ, необходимо повысить степень капиталности крепления за счет установки крепи усиления.

Выбор типа крепи усиления, определение ее параметров с заданным уровнем эффективности обеспечит минимальные затраты на поддержание подготовительных выработок.

При выборе эффективных параметров крепи выемочных штреков необходимо установить границы зоны неупругих деформаций в окрестности штрека. На размеры зоны неупругих деформаций оказывает значительное влияние форма поперечного сечения подготовительной выработки, глубина ее заложения, тип и параметры крепи и другие.

Для выявления влияния данных факторов на размеры зоны неупругих деформаций были проведены численные расчеты методом конечных элементов с помощью системы инженерных расчетов Cosmos Design Star.

В данной системе предельное состояние материала описывает критерий напряжения основанный на теории прочности Кулона – Мора, также известной, как теория внутреннего трения. Согласно этой теории разрушение материала происходит, когда компоненты основных напряжений σ_1 и σ_3 превышают пределы прочности материала на растяжение и сжатие. Условие разрушения материала может быть выражено представленными ниже неравенствами:

$$\sigma_1 \geq \sigma_{\text{lim расст.}} \text{ если } \sigma_1 > 0 \text{ и } \sigma_3 > 0;$$

$$\sigma_3 \geq -\sigma_{\text{lim сж.}} \text{ если } \sigma_1 > 0 \text{ и } \sigma_3 > 0;$$

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{\text{lim расст.}}} - \frac{\sigma_3}{\sigma_{\text{lim сж.}}} < 1 \text{ если } \sigma_1 \geq 0 \text{ и } \sigma_3 \geq 0.$$

Из массива выделен участок с размерами 40×40×1м. Выделенная плоскость массива разделялась на треугольные элементы.

К расчету были приняты следующие виды поперечных сечений для незакрепленных выработок: круглое (диаметром 5м), арочное, прямоугольное и трапециевидное. Все сечения приняты шириной 5м и высотой 3м.

Вычисления выполнялись для реальных горно-геологических условий отработки пласта i^2 , разрабатываемого семью шахтами Российского Донбасса (табл. 1).

Первый вариант исследований влияния формы поперечного сечения на размеры зоны неупругой деформации вокруг выработки был выполнен для изотропной и анизотропной моделей массива, с глубиной расположения выработки 300 м, 600 м, 1000 м.

Таблица 1. Физико-механические свойства моделируемой толщи пород

Порода	Мощность, м	Модуль упругости, Е, ГПа	Коефф. Пуассона, μ	Модуль сдвига, G, ГПа	Прочность на сж., R_c ГПа	Прочность на растяж., R_t МПа
Уголь	1	5	0,4	1,785	135	12,2
Кровля						
Сланец песчаный	4	26	0,2	10,8	50	4,59
Аргиллит (осн. кровля)	10	30	0,3	11,53	84	9,7
Песчаник	5,5	75	0,15	32,6	135	12,2
Почва						
Сланец песчаный	1	26	0,2	10,8	50	4,59
Песчаник	6,5	75	0,11	33,8	75	6,15
Сланец песчаный	12	26	0,2	10,8	50	4,59

В табл. 2 приведены размеры зоны неупругих деформаций в зависимости от формы поперечного сечения.

Если принять круглое сечение выработки за эталон, то отношение площади зоны неупругих деформаций (ЗНД) круглого сечения к ЗНД анализируемого сечения будет являться коэффициентом эффективности его работы в массиве.

Таблица 2. Исследования влияния формы поперечного сечения на ЗНД

Площади зон неупругих деформаций (m^2)/ Коэффициент эффективности				
Анизотропная модель				
Глубина заложения, м	Круг	Арка	Прямоугольник	Трапеция
300	7,97/1	13,16/0,6	16,68/0,48	14,07/0,57
600	14,2/1	21/0,68	25,03/0,56	24,25/0,59
1000	43,7/1	54,35/0,8	58/0,75	55,47/0,79
Изотропная модель (Песчаник $E=75$ МПа)				
300	0,69/1	1,89/0,36	10,48/0,07	9,185/0,08
600	6,62/1	13,7/0,48	17,76/0,37	16,15/0,41
1000	11,4/1	17,4/0,66	21,67/0,53	19,66/0,58

Анализ результатов расчета показал, что с увеличением глубины заложения выработки увеличивается ЗНД. Наибольшее увеличение ЗНД для круглого сечения - 5,4 раза, наименьшее для прямоугольной выработки – 3,4 раза. Для изотропной модели расхождение в величинах ЗНД еще большее.

С увеличением глубины заложения выработки влияние формы поперечного сечения на величину ЗНД уменьшается и повышается коэффициент эффективности сечения выработки. Это связано с тем, что с определенной глубины нарушается линейная зависимость между напряжениями и деформацией. Этот факт необходимо учитывать при выборе формы поперечного сечения в пользу наиболее технологичного с точки зрения проведения и эксплуатации выработки.

Во втором варианте исследовалось влияние типа крепи на размеры ЗНД. В расчетах используется анкерная, рамная и анкерно-рамная крепи со всеми присущими им физико-механическими характеристиками.

Анкерная крепь представляет собой конструкцию из 5 анкеров $\varnothing 20$ мм, выполненных из легированной стали и металлической решетчатой затяжки. Для расчета ЗНД выработки с анкерной и рамной крепями было использовано прямоугольное сечение. Усилия закрепления анкеров – 40 кН.

Рамная крепь представляла собой конструкцию из спецпрофиля СВП-27 и решетчатой затяжки. Сопротивление податливости рамы 290 кН.

В результате проведенных расчетов были получены эпюры зон неупругих деформаций. В качестве оценочного критерия при сравнении результатов расчетов принята площадь зоны неупругих деформаций в кровле выработки.

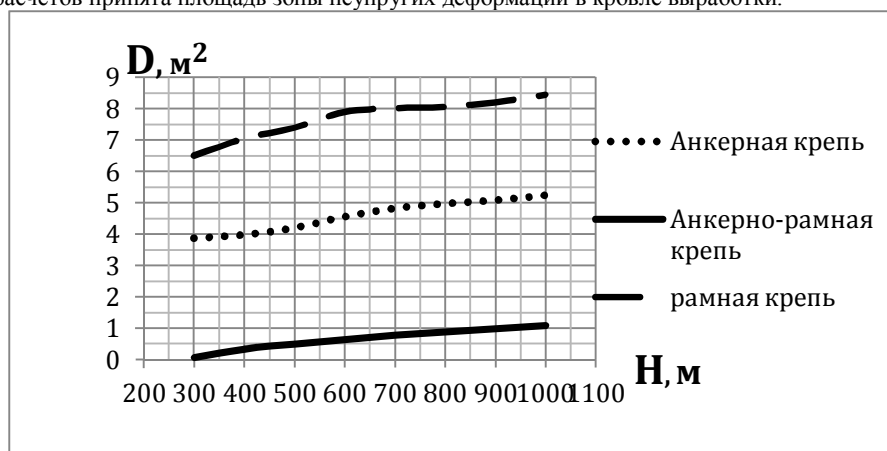


Рис. 1. Влияние анкерной, рамной и анкерно-рамной крепей на ЗНД вокруг выработки, в зависимости от глубины ее расположения

На рис. 1 представлены графики зависимостей влияния типа крепи на ЗНД для анизотропной модели. Анализ данных зависимостей показывает, что уровень влияния анкерной крепи на ЗНД значительно выше, чем рамной крепи. Это связано с тем, что анкерная крепь является консолидирующей, она включает в работу саму породу. Наилучшим вариантом является применение комбинированной крепи – анкерно-рамной.

В третьем варианте исследовалось влияние ширины целика угля на размеры ЗНД при креплении штрека наиболее эффективной анкерно-рамной крепью. На рис. 2 приведен график зависимости влияния ширины целика на размеры ЗНД. Как видно

из графика с увеличением ширины целика до 15 м наблюдается уменьшение величины ЗНД. Дальнейшее увеличение ширины целика угля не влияет на размеры ЗНД.

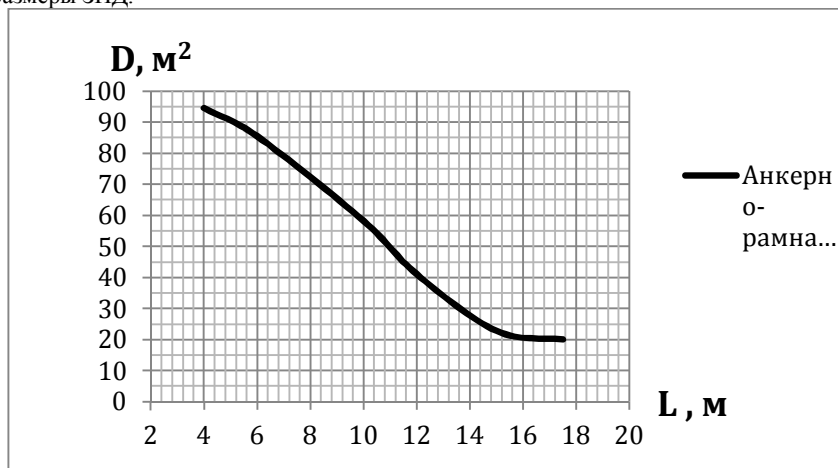


Рис. 2. График зависимости влияния ширины целика на размеры ЗНД вокруг подготовительной выработки

Приведенные исследования позволили выявить механизм влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на устойчивость подготовительных выработок. Данные исследования позволят более корректно проектировать параметры крепления и охраны подготовительных выработок.

Литература

1. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок – М.: Недра, 1990. – 218с.
2. Ткачев В. А., Страданченко С.Г., Привалов А.А. Эффективные способы крепления и поддержания горных выработок на основе ресурсосберегающих технологий. – Ростов н/Д: Изв. вузов Сев.- Кавк. регион, 2005.

References

1. Koshelev K.V., Petrenko Ju.A., Novikov A.O. Ohrana i remont gornyh vyrobotok – M.: Nedra, 1990. – 218s.
2. Tkachev V. A., Stradanchenko S.G., Privalov A.A. Jeffektivnye sposoby krepjenja i podderzhaniya gornyh vyrobotok na osnove resursosberegajushhih tehnologij. – Rostov n/D: Izv. vuzov Sev.- Kavk. region, 2005.

Соколов Ю.А.¹, Назаров В.Н.²

¹Аспирант, ассистент; ²кандидат технических наук, доцент, Университет ИТМО

Работа выполнена при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-401).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ДИФРАКЦИОННЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Аннотация

Рассмотрена схема дифракционного контроля, использующая амплитудно-фазовое распределение частотных спектров контролируемых объектов: схема с параллельной дифракцией с изменяющимся масштабом спектра Фурье. Получены математические модели, описывающие распределение интенсивности света в плоскости регистрации. Разработана программа, позволяющая рассчитывать дифракционные картины с учетом реального хода лучей через оптическую систему.

Ключевые слова: дифракция, интерференция, измерения.

Sokolov Yu.A.¹, Nazarov V.N.²

¹Postgraduate student, assistant; ²PhD in technical sciences, associated professor, ITMO University

INVESTIGATION OF POSSIBLE ACCURACY INCREASING WHEN APPLYING DIFFRACTION CONTROL METHODS FOR OBJECTS POSITION

Abstract

The diffraction control scheme is investigated which use the amplitude-phase distribution of the frequency spectra of controllable objects: parallel diffraction scheme with a variable scale of the Fourier spectrum. Mathematical models are obtained describing the light intensity distribution at the registration plane. The program is developed allowing to compute diffraction patterns taking into consideration a real course of light rays through the optical system.

Keywords: diffraction, interference, measurement.

Introduction

In diffraction control schemes controllable object is illuminated by laser coherent radiation and Fraunhofer diffraction pattern (DP) is formed in the far-field area. The geometric parameters of objects or their spatial position are obtained from DP measured parameters. The advantages of such devices are relatively simple construction, low requirements to the optics, and increase in sensitivity with object size decreasing.

The disadvantages of such devices are the relatively low accuracy of measurements (0.8-1 %), due to the influence of errors when determining coordinates of DP minima. The scheme for increasing the accuracy of diffraction measurements by series position of diffractive elements was proposed in [1]. A slit aperture was set in the DP location. Behind the slit aperture the secondary DP strongly depended on slit's position relative to first DP, which was directly connected with object size or its spatial position. It allowed us to reduce the error of diffraction measurements by ten times.

For the same goal following way to increasing the accuracy of diffraction measurements is also offered: creation of scheme with parallel diffraction.

Scheme with Parallel Diffraction

In this work, the diffraction control scheme (Fig.1) is studied. This scheme improves functional abilities of a scheme with a variable scale of the Fourier spectrum received from the controllable object which is placed between the lens and its focal plane [2]. This scheme (or its modifications where both of the slits are located before or behind the lens) allows us due to the presence of the base source of radiation (one of the slits) to use amplitude-phase distribution of the second slit Fourier spectrum. It gives a possibility to measure slit shifts or changing an angle of light incidence α , on the system.

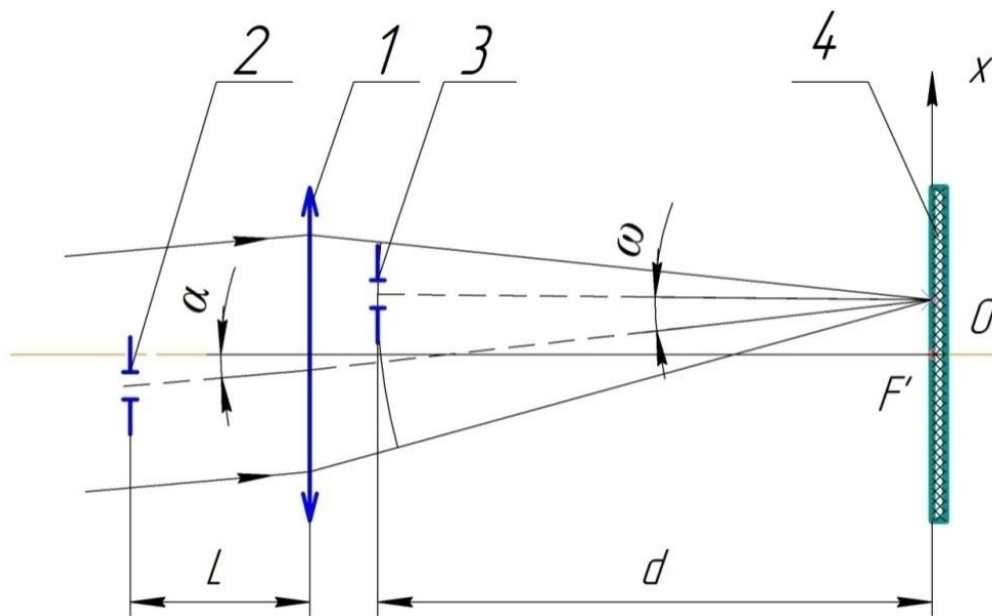


Fig. 1 – The diffraction control scheme. 1 – lens, 2,3 – slits apertures, 4 – receiver

The generation of slit Fourier spectrum at the slit shifts was considered. It is known that if the object is placed close to the lens, its focused Fourier image is localized on a sphere with radius $R_1 = f$. When shifting the slit to the frontal focal plane of the lens, the sphere radius will increase to the infinity until the wave front becomes flat. In this case, the phase bending disappears. At such slit shifting a variable phase shift is generated in every point of the focal plane. It affected a general interferential pattern (Fig.2). Such phase bending can be

described by exponential factor: $\exp\left[\frac{jk}{2f}x^2\left(1-\frac{L}{f}\right)\right]$.

When shifting the aperture perpendicularly to the optical axis of lens, a surface on which its Fourier image is localized inclines (Fig. 3). It is defined by the theorem of input signal translation. So, in a case of transverse shifting, the expression for amplitude distribution will

include one further exponential factor: $\exp\left[-jkv_1\left(\frac{x}{f}-\sin\alpha\right)\right]$.

Fraunhofer form of Fresnel-Kirchhoff integral can be used to present a final expression for the amplitude-phase light distribution in the focal plane of the lens which considers described processes:

$$U_1(x) = \frac{1}{j\lambda f} \cdot \exp\left[\frac{jk}{2f}x^2\left(1-\frac{L}{f}\right)\right] \cdot \exp\left[-jkv_1\left(\frac{x}{f}-\sin\alpha\right)\right] \cdot \int_{-a/2}^{a/2} \exp\left[-jk\xi\left(\frac{x}{f}-\sin\alpha\right)\right] d\xi,$$

where $k = 2\pi/\lambda$; f — is a focal length; x — is a coordinate in the focal plane of the lens; L — a distance between the slit and the lens; a — is a width of the aperture; v_1 — a value of aperture shifting; α — is an angle of light incidence to the object.

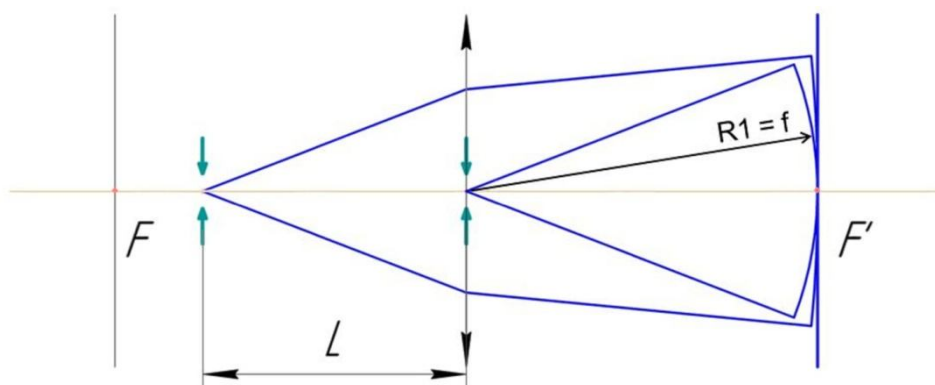


Fig. 2 – Slit shifting on the optical axis

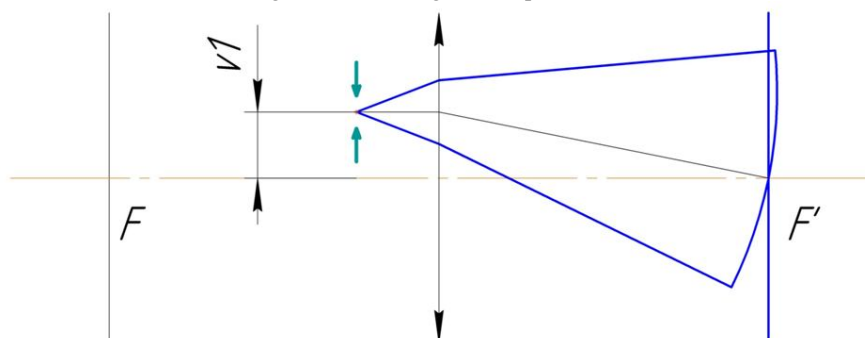


Fig.3 – Aperture shifting in the plane perpendicular to the optical axis

If the aperture is placed behind the lens and shifting the sphere radius on which its Fourier image is localized changes as in Fig.4. In this case, the amplitude-phase light distribution from the second slit can also be written in Fraunhofer form of Fresnel-Kirchhoff integral. It is necessary to consider that the scale of the slit Fourier spectrum will depend on the distance between the aperture and the focal plane of the lens (d), and the slit is illuminated by a converging spherical wave.

$$U_2(x) = \frac{1}{j\lambda d} \cdot \frac{f}{d} \cdot \exp\left(\frac{jk}{2d} x^2\right) \cdot \exp\left[-jkv_2\left(\frac{x}{d} - \frac{f}{d} \sin \alpha\right)\right] \cdot \int_{-b/2}^{b/2} \exp\left[-jk\xi\left(\frac{x}{d} - \frac{f}{d} \sin \alpha\right)\right] d\xi,$$

where d — is a distance between the object and the receiver; b — is a width of aperture; v_2 — a value of aperture shifting from the optical axis.

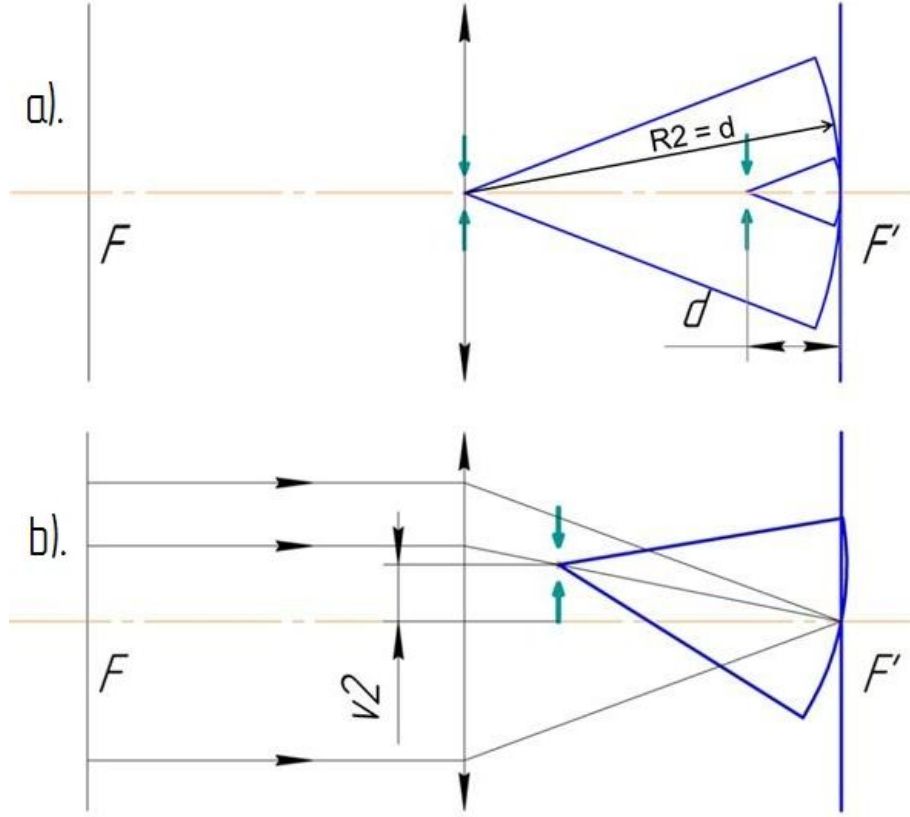


Fig.4 – Shifting the slit behind the lens

If two similar narrow slits are near the lens (Fig.1) then the interference pattern at the focal plane of the lens will be similar to the interference pattern of two spherical waves. Radiuses and inclines of such waves depend on the slits positions against the lens. If the slits are wide enough such an interference pattern will superimpose with the diffraction pattern from one lens and can induce in it the changes characterizing slit locations and angle of the light incidence on those.

The final expression describing an intensity distribution in a lens focal plane from two slits (Fig.1) can be obtained as

$$U_{\Sigma}(x) = U_1(x) + U_2(x), \quad I(x) = U_{\Sigma}(x) \cdot U_{\Sigma}^*(x),$$

$$I(x) = \left(\frac{1}{\pi f}\right)^2 \left\{ \left\{ a \sin c \left[k \frac{a}{2} \left(\frac{x}{f} - \sin \alpha \right) \right] \right\}^2 + \left(\frac{f}{d} \right)^4 \cdot \left\{ b \sin c \left[k \frac{b}{2} \left(\frac{x}{d} - \frac{f}{d} \sin \alpha \right) \right] \right\}^2 + \right. \\ \left. + 2ab \left(\frac{f}{d} \right)^2 \sin c \left[k \frac{a}{2} \left(\frac{x}{f} - \sin \alpha \right) \right] \cdot \sin c \left[k \frac{b}{2} \left(\frac{x}{d} - \frac{f}{d} \sin \alpha \right) \right] \cdot \right. \\ \left. \cdot \cos \left\{ k \frac{x^2}{2d} \cdot \left[1 - \frac{d}{f} \left(1 - \frac{L}{f} \right) \right] + k \left[v_1 \left(\frac{x}{f} - \sin \alpha \right) - v_2 \left(\frac{x}{d} - \frac{f}{d} \sin \alpha \right) \right] \right\} \right\} \right\}, \quad (3)$$

where $\sin c(x) = \sin(x)/x$.

Expression (3) is obtained taking into consideration the mathematical assumption adopted in [2], therefore the calculations results should be valid in the vicinity of DP central region. For more accurate investigation of considered scheme's opportunities and control its work at high light incidence angles within MathCAD medium, a program is created for DP calculation taking into consideration a real ray path through a system.

$$\int_{-a/2}^{a/2} \exp\left[-jk\xi\left(\frac{X_k}{f} - \sin \alpha\right)\right] d\xi$$

The program is based on the idea to replace the Fourier transformation integral, with the final sum of travelling waves arriving from a slit to this point of the registration plane, X_k :

$$U = \sum_{i=1}^N \cos(kr_i - \omega t) / N, \quad (4)$$

where $r_i = L_i + v_i \cdot \sin(\alpha)$ is an optical ray path between i -point on the slit to the current plane registration point X_k which considers the radiation incident angle on the slit α (Fig. 5); N – the number of points on the slit for which r_i is defined.

In order for the light intensity distribution in the DP was independent on the time for each point X_k we also need to define such a values as $\sum_{i=1}^N \sin(kr_i) / N$:

$$U = \sum_{i=1}^N \cos(kr_i - \omega t) / N = \sum_{i=1}^N [\cos(\omega t) \cos(kr_i) + \sin(\omega t) \sin(kr_i)] / N = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$$

where $A = \sum_{i=1}^N \cos(kr_i) / N$, $B = \sum_{i=1}^N \sin(kr_i) / N$;

$$I = E^2 = A^2 \cos^2(\omega t) + AB \sin(2\omega t) + B^2 \sin^2(\omega t),$$

performing the time averaging we obtain: $I = A^2/2 + B^2/2$.

Algorithm of the Program

In the registration plane which is located at a given distance from the lens, we set a range of coordinates (X_{min} , X_{max}) and a step of discretization (ΔX), and also the other system parameters: a , b , v_1 , v_2 , L_1 , L_2 , α , t , radiuses of curvature of the lens ($R1$, $R2$) and its refraction index (n_2). After that in reverse course of rays propagation through the system for each point X_k the program determines the angle ranges $[\sigma_1; \sigma_2]$, at which rays come to the first slit borders (Fig. 5).

Then obtained ranges $[\sigma_1; \sigma_2]$ are divided by the program on $N-1$ and for each of N angle values r_i is determined. So, for each point X_k of registration plane, the program obtains the array of the optical lengths of the rays path which come to this point from the first slit. For the next step the program determines the values $A_{Xk} = \sum_{i=1}^N \cos(kr_i)$ and $B_{Xk} = \sum_{i=1}^N \sin(kr_i)$ for each X_k .

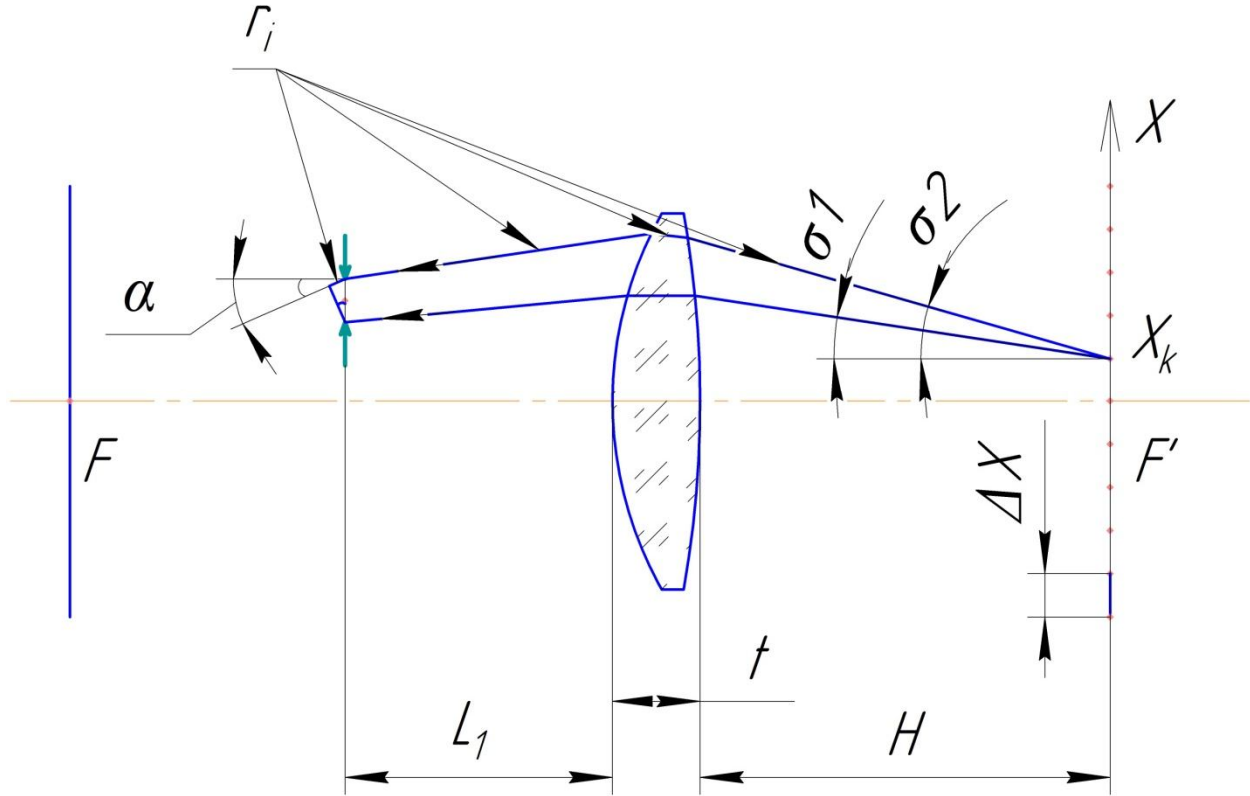


Fig. 5 – ray tracing through the lens

The same calculations carry out according to this scheme for the second slit which is located in front of the lens too. After that, for corresponding X_k , the values obtained from each slit are summarized ($A_{Xk}^{Sum} = A_{Xk}^I + A_{Xk}^{II}$, $B_{Xk}^{Sum} = B_{Xk}^I + B_{Xk}^{II}$) and the light intensity is calculated: $I_{Xk} = \left((A_{Xk}^{Sum})^2 + (B_{Xk}^{Sum})^2 \right) / (2N)^2$.

DP modeling results obtained with MathCAD program are in agreement with the results obtained with the mathematical diffraction model and completely agreed with that in the paraxial lens area. It allows to suppose that the MathCAD- program will correctly calculate the DP for the real lens at high angles of light incidence.

Based on those models, the searching of parameters was made at which such a scheme possesses the maximum sensitivity. The first founded variant of such parameters was the disposition of the slits in the same position in front of the lens. The influence of the small shifts of one slit in the plane perpendicular to the optical axis is shown on Fig. 6.

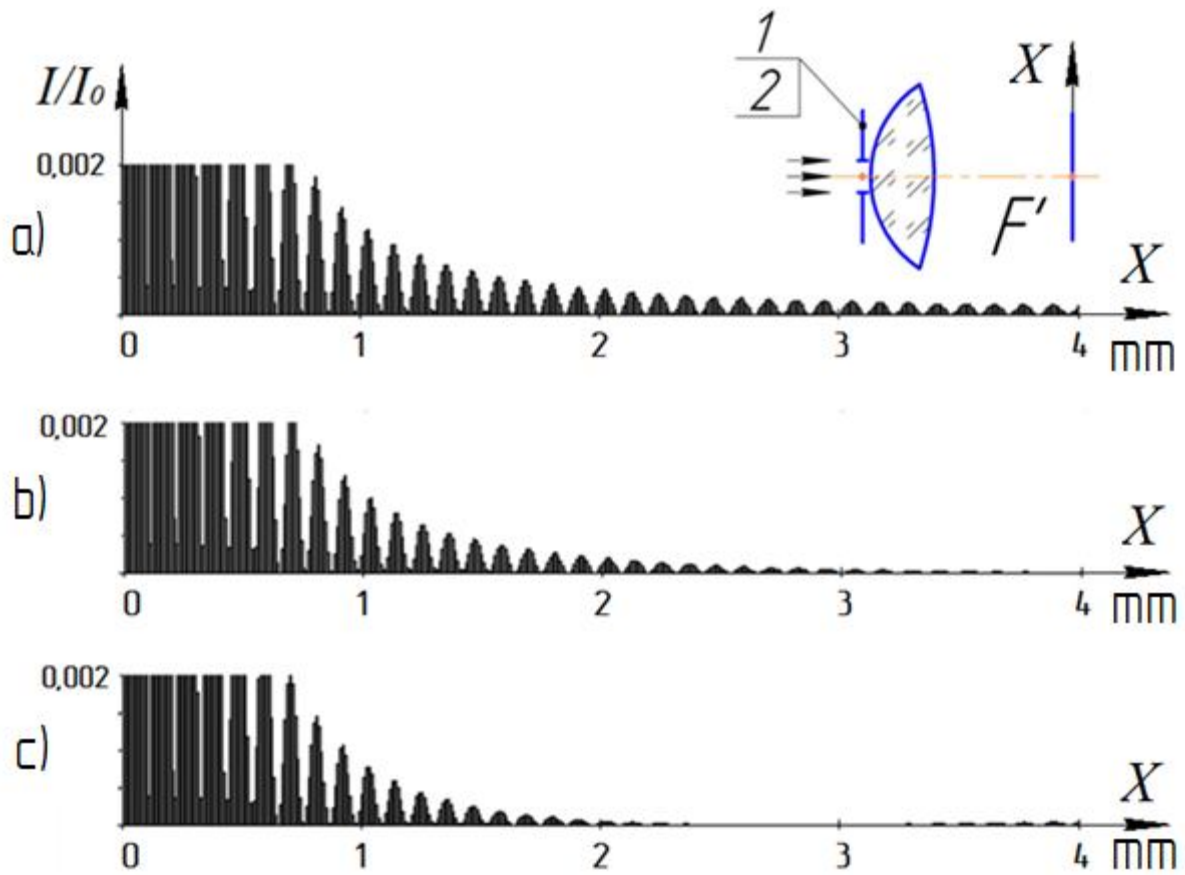


Fig. 6 – a). DP obtained from the coincident slits. b), c) DP obtained at the transverse shift of one of the slits by the values $v_2=(0.6 \text{ и } 1) \mu\text{m}$ accordingly.

Obviously, when shifting one of the slits by 400 nanometers, 12 fringes in DP disappear (Fig. 6,b and 6,c). If the registration is conducted with an accuracy of to one fringe, it allows to register such a shift with a sensitivity of 33 nanometers. If we increase the slit widths up to 70 μm , the sensitivity of the system to such a shift is 20 nm. At DP registration with an accuracy up to 1/10 of the fringe, the sensitivity of such a scheme is 2 nm. In spite of that the last fringes on the picture seems smaller, their width is nearly the same as the other fringes. The scheme parameters (Fig. 6) are as follows: $R1=7 \text{ mm}$, $R2=-19 \text{ mm}$, $t=4 \text{ mm}$, $n=1.5$, $f'=10.78 \text{ mm}$, $L1=0$, $L2=0$, $v1=0$, $\alpha=0$, $N=100$.

Also, with this MathCAD- program, we examined a possible theoretical sensitivity of the scheme to changing a light incidence angle α . At Fig. 7 DP are presented obtained with the α increasing by $0.6''$ (Fig. 7b) and initial angle $\alpha=26.5651^\circ$ (Fig. 7a). The scheme parameters are as follows: $R1=50 \text{ mm}$, $R2=-420 \text{ mm}$, $t=10 \text{ mm}$, $n=1.5$, $f'=90 \text{ mm}$, $L1=80 \text{ mm}$, $L2=0$, $v1=-40 \text{ mm}$, $v2=0$, $a=b=0.1 \text{ mm}$, $N=250$.

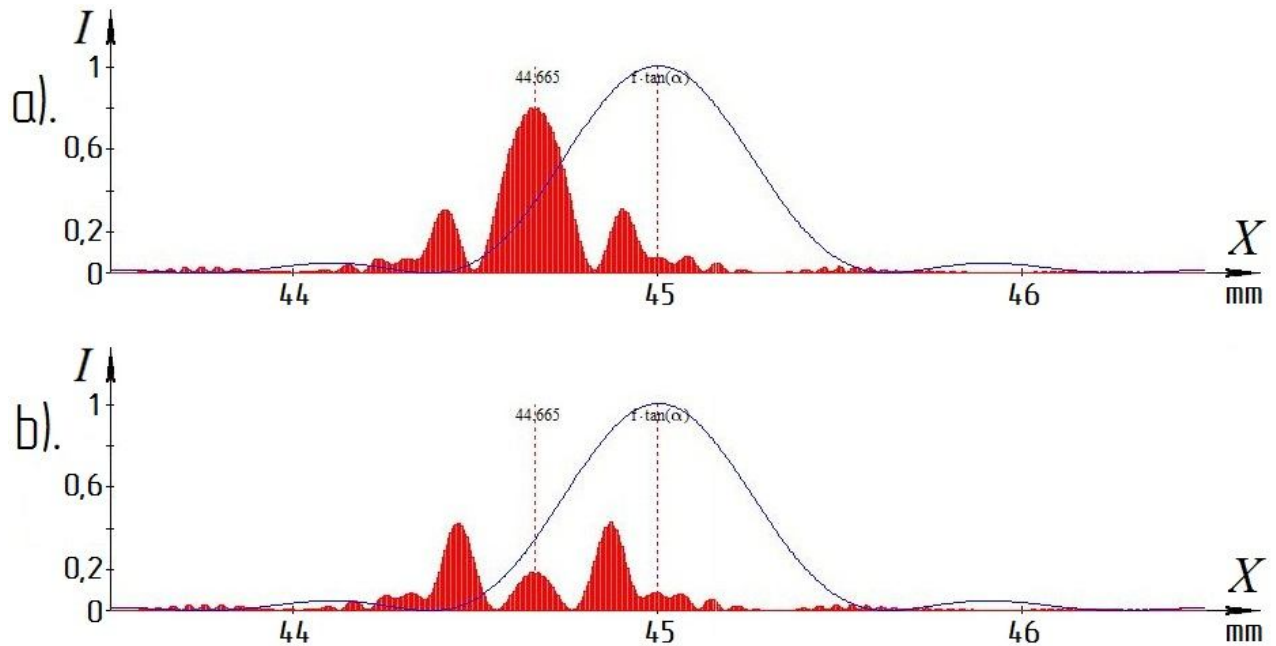


Fig. 7 – DP obtained from two slits in front of the lens (red graph, MathCAD- program) and DP from one slit (blue plot, diffraction model)

One can see from Fig. 7 that, when changing a light incidence angle α by $0.6''$ the light intensity changing is $\Delta I=0.6$. If we measure the ΔI value with a sensitivity of 0.01, then the sensitivity of such a system to α changing is $0.01''$. With further α changing, we can observe the periodical intensity fluctuations in the centre of DP which became non-symmetrical at large angles (Fig. 8).

As far as this MathCAD- program allows to calculate DP with account of real optical path through the lens we can assume that the influence of lens aberrations will also be correctly considered. The DP from one slit is shown in Fig. 9 ($R_1=10$ mm, $R_2=-100$ mm, $L=18$ mm, $t=10$ mm, $n=1.5$). From the Fig. 9 we can see possible influence of the lens form on the light intensity distribution in DP.

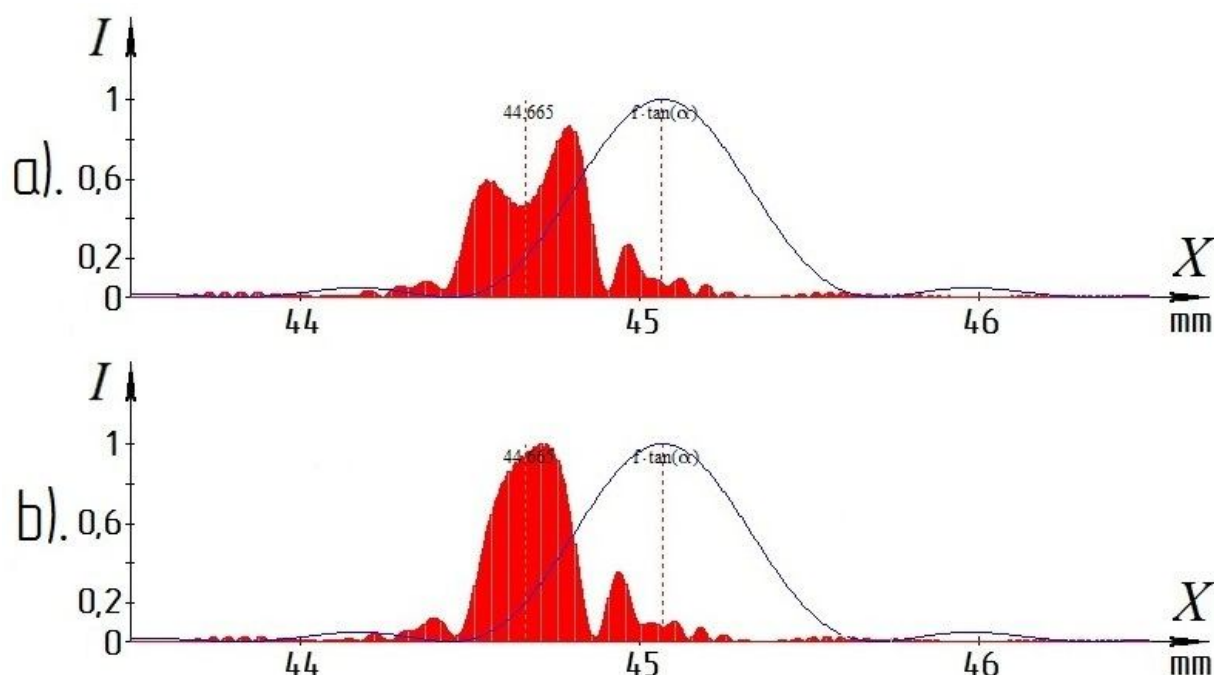


Fig. 8 – DP obtained with the α increasing by 2' a). and by 2' 0.6" b). and initial angle $\alpha=26.5651^\circ$.

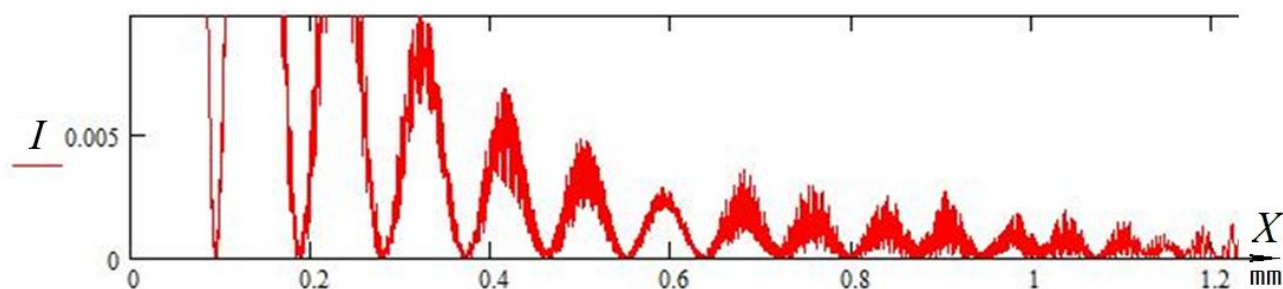


Fig. 9 – The influence of lens form on DP

Conclusion

In this work the way to increasing the diffraction control method accuracy was considered. It is determined that it can be realized during the measuring signal generation stage. The mathematical models describing those processes are developed.

References

1. Nazarov V.N., Linkov A.E. The diffraction control methods for monitoring the geometrical parameters and the spatial position of objects // Journal of Optical Technology. - 2002. - vol. 69. - № 2. - С. 129-134.
2. Goodman J. Introduction to Fourier optics. NY.: THE MCGRAW-HILL COMPANIES, - 1996. - 441 с.

Союнов А.С.¹, Демчук Е.В.²

^{1,2}Кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ДИСКОВОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ

Аннотация

В статье рассмотрен процесс взаимодействия рабочих органов с почвой получены аналитические выражения позволяющие установить зависимость горизонтальной и вертикальной, составляющих силы сопротивления дискового почвообрабатывающего орудия в функциях объёма вырезанного пласта почвы.

Ключевые слова: почвообработка, дисковое орудие, диск.

Soyunov A.S.¹, Demchuk E.V.²

^{1,2} PhD in engineering, associate professor of agroengineering, FGBOU VPO "Omsk state agricultural university of P. A. Stolypin"

WORKING PROCESS OF THE DISK SOIL-CULTIVATING TOOL

Abstract

The article describes the interaction of the working bodies of the soil analytical expressions have been found to both horizontal and vertical, components of the force of resistance of disk tillage in the functions of the volume of the cut soil layer.

Keywords: tillage, disk tool, disk.

Существует множество описаний работы дисковых рабочих органов – дисковый нож, который выполняет разрезание пласта, сферический или конический диск, выполняющий разрезание и перемещение пласта в сторону под определенным углом атаки [2, 3]. Все эти описания основаны на формуле В.П. Горячкина, которая была выведена для рабочего процесса плуга, а не дискового рабочего органа.

Нами предлагается представить рабочий процесс диска почвообрабатывающего орудия следующим образом. При работе дискового почвообрабатывающего орудия (рис. 1) на максимально возможную глубину 120 мм с углом атаки $\alpha > 0$ рабочей поверхностью будет являться не вся заглубленная часть сферического диска ABCD (рис. 1, б), а лишь часть диска BCD (рис. 1, б), т.к. диски идут с некоторым перекрытием (рис. 1, а).

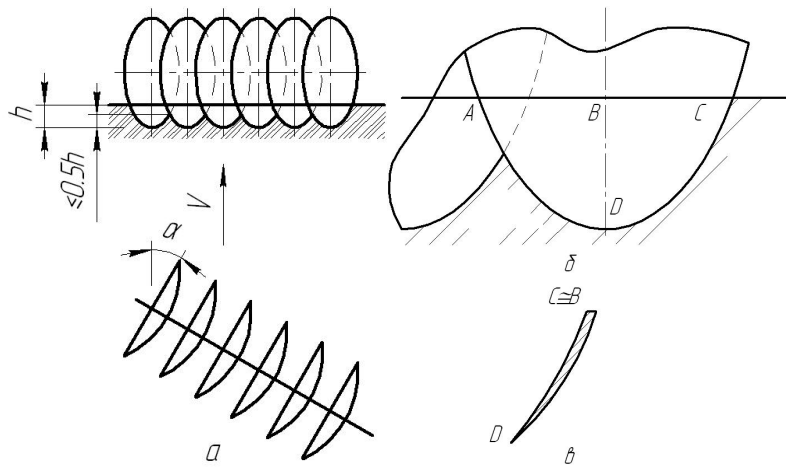


Рис. 1. Секция лушителя: а – в работе; б – рабочая поверхность диска (увеличено); в – вид рабочей поверхности диска в разрезе

Радиус сферы диска составляет 600 мм, однако, сегмент диска BCD (рис. 1, в) настолько мал, что сферу в дальнейших расчетах можно заменить плоскостью проходящей через точки В, С, D. Это позволит выяснить физическую картину взаимодействия рабочих органов с почвой и получения более точных аналитических выражений, устанавливающих зависимость сопротивления работе в параметрической форме (в функции объема срезаемого пласта почвы).

Горизонтальную составляющую силы сопротивления работе лушителя можно рассматривать как сумму силы сопротивления резанию $W_p(h, H)$ [1], являющуюся функцией толщины срезаемого слоя почвы h , высоты почвенного пласта H перед диском, и силы сопротивления $W_{np}(H)$ перемещению почвенного пласта перед диском: $P_{01r} = W_p(h, H) + W_{np}(H)$.

Вертикальная составляющая силы сопротивления работе лушителя также может рассматриваться как сумма двух составляющих

$$P_{01B} = W_{в.н}(h, H) + W_{в.о}(H),$$

где $W_{в.н}(h, H)$ – вертикальная сила на дисковом ноже;

$W_{в.о}(H)$ – вертикальная сила на сферической поверхности диска.

Для определения силы сопротивления $W_p(h, H)$ срезанию почвы примем расчетную схему (рис. 2, а).

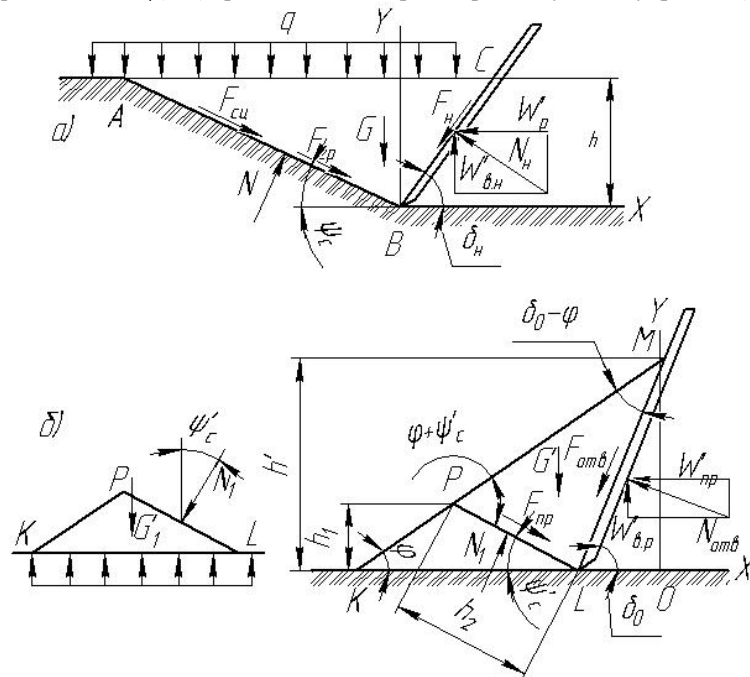


Рис. 2. Расчетные схемы взаимодействия с почвой рабочих органов дисковых почвообрабатывающих машин: а – расчетная схема резания почвы лезвием диска; б – расчетная схема перемещения почвенного пласта сферой диска

Дисковый нож лушителя ВС подрезает почвенный пласт на глубину h . Почва перед ножом рассматривается как однородная масса, скалываемая под некоторым углом скольжения ψ_c к горизонтальной плоскости.

На единицу ширины скалываемого массива почвы действует вес G почвы, условная пригрузка с интенсивностью q , нормальная реакция N_n ножа, нормальная реакция почвы N , сила трения почвы о дисковый нож F_n , сила трения F_{tr} почвы о почву и сила сцепления почвы $F_{сц}$.

В процессе работы все геометрические размеры рассматриваемой системы являются функцией переменной величины h толщины срезаемого пласта почвы.

На скалываемый массив почвы действует вертикальная нагрузка Q , эквивалентная равномерно распределенной пригрузке

$$Q = q \cdot AC \cdot 1 = qh \frac{tg \delta_n + tg \psi_c}{tg \delta_n tg \psi_c}.$$

Вес грунта G равен

$$G = \frac{\gamma_{\text{гр}} h^2}{2} \frac{\text{tg} \delta_{\text{н}} + \text{tg} \psi_c}{\text{tg} \delta_{\text{н}} \text{tg} \psi_c},$$

где $\gamma_{\text{гр}}$ – объёмный вес почвы.

Сила сцепления

$$F_{\text{сц}} = AB \cdot 1 \cdot C = \frac{Ch}{\sin \psi_c},$$

где C – коэффициент сцепления.

Для определения силы $N_{\text{н}}$ нормального давления ножа на почву составим уравнение равновесия

$$\sum X_i = 0; \quad F_{\text{сц}} \cos \psi_c + F_{\text{гр}} \cos \psi_c + N \sin \psi_c - F_{\text{н}} \cos \delta_{\text{н}} - N_{\text{н}} \sin \delta_{\text{н}} = 0;$$

$$\sum Y_i = 0; \quad -Q - G - (F_{\text{сц}} + F_{\text{гр}}) \sin \psi_c + N \cos \psi_c - F_{\text{н}} \sin \delta_{\text{н}} + N_{\text{н}} \cos \delta_{\text{н}} = 0;$$

$$F_{\text{гр}} = N \text{tg} \phi_{\text{гр}}; \quad F_{\text{н}} = N \text{tg} \phi_{\text{мет}},$$

где $\phi_{\text{гр}}$ – угол внутреннего трения почвы;

$\phi_{\text{мет}}$ – угол трения почвы о металл.

В результате решения полученной системы уравнений находим

$$N_{\text{н}} = \frac{\left[\frac{\gamma_{\text{гр}} h^2}{2} + qh + Ch \frac{(\text{tg} \psi_c + \text{ctg} \psi_c)}{(\text{tg} \psi_{\text{гр}} + \text{tg} \psi_c)(\text{ctg} \psi_c + \text{ctg} \delta_{\text{н}})} \right] (\text{ctg} \psi_c + \text{ctg} \delta_{\text{н}})}{\left[(\text{ctg} \delta_{\text{н}} - \text{tg} \phi_{\text{мет}}) + \frac{\text{tg} \phi_{\text{мет}} \text{ctg} \delta_{\text{н}} + 1}{\text{tg}(\phi_{\text{гр}} + \psi_c)} \right] \sin \delta_{\text{н}}}. \quad (1)$$

Соппротивление грунта резанию для всей ширины ножа определяется по выражению

$$W_{\text{р}}(h, H) = B(N_{\text{н}} \sin \delta_{\text{н}} + F_{\text{н}} \cos \delta_{\text{н}}).$$

Вертикальная составляющая силы резания на весь нож равна:

$$W_{\text{в.н}}(h, H) = B(N_{\text{н}} \sin \delta_{\text{н}} + F_{\text{н}} \sin \delta_{\text{н}}).$$

Для определения сопротивления почвенного пласта примем расчетную схему (рис. 2, б).

Почва перед диском рассматривается как однородный массив, скользящий под углом ψ_c' . Диск условно заменен плоскостью расположенной по хорде к поверхности диска.

На массив почвы действуют силы: вес почвы G' , нормальная реакция со стороны отвала $N_{\text{отв}}$, нормальная реакция почвы N_1 , сила почвенного пласта $F_{\text{пр}}$ и сила трения грунта об отвал $F_{\text{отв}}$.

Геометрические размеры массива почвы рассматриваются как переменные величины, являющиеся функцией высоты почвенного пласта,

$$PL = H \frac{\sin(\delta_0 - \phi)}{\sin(\phi + \psi_c') \sin \delta_0};$$

$$h_1 = H \frac{1 - \text{ctg} \delta_0 \text{tg} \phi}{1 + \text{tg} \phi \text{ctg} \psi_c'};$$

$$h_2 = H \frac{\sin(\delta_0 - \phi) \sin(\delta_0 + \psi_c')}{\sin(\phi + \psi_c') \sin \delta_0}.$$

Вес почвы G' равен

$$G' = \frac{\gamma'_{\text{гр}} H^2}{2} \frac{\sin(\delta_0 - \phi) \sin(\delta_0 + \psi_c')}{\sin(\phi + \psi_c')},$$

где $\gamma'_{\text{гр}}$ – объёмный вес почвы в пласте.

Вес почвы G_1' равен

$$G_1' = \frac{\gamma' H^2}{2} \frac{(1 - \text{ctg} \delta_0 \text{tg} \phi_0) \sin(\delta_0 - \phi)}{(1 + \text{tg} \phi \text{ctg} \psi_c') \sin \phi \sin \delta_0}.$$

Для определения нормальной реакции отвала $N_{\text{отв}}$ на почву и нормальной реакции почвы N_1 составим уравнение равновесия:

$$\sum X_i = 0; \quad F_{\text{пр}} \cos \psi_c' + N_1 \sin \psi_c' - N_{\text{отв}} \sin \delta_0 - F_{\text{отв}} \cos \delta_0 = 0;$$

$$\sum Y_i = 0; \quad -F_{\text{пр}} \sin \psi_c' + N_1 \cos \psi_c' - G' + N_{\text{отв}} \cos \delta_0 - F_{\text{отв}} \sin \delta_0 = 0;$$

$$F_{\text{пр}} = N_1 \text{tg} \phi_{\text{гр}}; \quad F_{\text{отв}} = N_{\text{отв}} \text{tg} \phi_{\text{мет}}.$$

Решая систему уравнений, определим

$$N_1 = \frac{\frac{\gamma'_{\text{гр}} H^2}{2} \frac{\sin(\delta_0 - \phi) \sin(\delta_0 + \psi'_c)}{\sin^2 \delta_0 \sin(\phi + \psi'_c) \cos \psi'_c}}{(1 - \text{tg } \phi_{\text{гр}} \text{tg } \psi'_c) + (\text{tg } \phi_{\text{гр}} + \text{tg } \psi'_c) \text{ctg}(\phi_{\text{мет}} + \delta_0)}; \quad (2)$$

$$N_{\text{отв}} = \frac{\frac{\gamma'_{\text{гр}} H^2}{2} \frac{\sin(\delta_0 - \phi) \sin(\delta_0 + \psi'_c)}{\sin^2 \delta_0 \sin(\phi + \psi'_c) \cos \delta_0}}{\text{ctg}(\psi'_c + \phi_{\text{гр}})(\text{tg } \phi_{\text{мет}} + \text{tg } \delta_0) + (1 - \text{tg } \phi_{\text{мет}} \text{tg } \delta_0)}.$$

Сила сопротивления пласта почвы на ширину рабочей части диска:

$$W_{\text{пр}}(H) = B(N_{\text{отв}} \sin \delta_0 + F_{\text{отв}} \cos \delta_0).$$

Вертикальная составляющая силы сопротивления пласта на ширину рабочей части диска определяется по выражению:

$$W_{\text{в.о}}(H) = B(N_{\text{отв}} \cos \delta_0 - F_{\text{отв}} \sin \delta_0).$$

После определения нормальной реакции N_1 становится возможным определить пригрузку q на массив скалывающегося пласта

$$q = \gamma'_{\text{гр}} H + \frac{F_{\text{отв}} \sin \delta_0}{AC \cdot B}.$$

В полученных выражениях величина H является функцией объема вырезанной почвы.

$$H = \sqrt{\frac{2V_{\text{гр}} \sin \phi_{\text{гр}} \sin \delta_0}{B \sin(\delta_0 - \phi_{\text{гр}})}} = \sqrt{\frac{2V_{\text{гр}}}{B(\text{ctg } \phi_{\text{гр}} - \text{ctg } \delta_0)}}.$$

Таким образом, полученные аналитические выражения позволяют установить зависимость горизонтальной $P_{01Г}$ и вертикальной $P_{01В}$, составляющих силы сопротивления дискового почвообрабатывающего орудия в функциях объема вырезанного пласта почвы.

Литература

1. Зеленин А.Н. Физические основы теории резания грунтов: научное издание / А. Н. Зеленин. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 354 с.
2. Нестяк В.С. Деформация почвы плужным дисковым ножом / В.С. Нестяк, И.Д. Кобяков, А.С. Союнов // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – Новосибирск. – Т. 2. – № 23-2. – 2012. – С. 112-115.
3. Нестяк В.С. Тяговое сопротивление дискового лулильника / В.С. Нестяк, И.Д. Кобяков, А.С. Союнов // Тракторы и сельхозмашины. – № 12. – 2012. – С. 32-33.

Паренкина А.А.¹, Харитонов Е.А.², Фазуллин Д.Д.³, Маврин Г.В.⁴

¹Студент; ²Студент; ³Младший научный сотрудник; ⁴Студент

Казанский федеральный университет.

ОПТИМАЛЬНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД КАТИОНООБМЕННЫМИ МЕМБРАНАМИ

Аннотация

В связи все возрастающими объемами загрязнения окружающей среды в современном мире особо остро стоит вопрос о предотвращении попадания в окружающую среду загрязняющих веществ. Поэтому сегодня очистка сточных вод от тяжелых металлов особенно актуальна. И в связи с этим остро стоит вопрос о создании технологий очистки воды, позволяющих оптимизировать процесс, и достичь высокого качества сбрасываемых вод. Целью работы является определение оптимальных интервалов рН для извлечения тяжелых металлов из сточных вод.

Ключевые слова: Очистка сточных вод, тяжелые металлы, катионообменные мембраны.

Parentkina A.A.¹, Kharitonova E.A.², Fazullin D.D.³, Mavrin G.V.⁴

¹Student, ²Student, Junior Researcher³, Ph.D., Associate Professor⁴

Kazan Federal University

THE OPTIMAL RANGE OF THE HYDROGEN INDEX FOR EXTRACTION OF METALS FROM SEWAGE CATION EXCHANGE MEMBRANE

Abstract

Due to ever-increasing amounts of pollution in the world today is particularly acute question of preventing release into the environment of pollutants. So today wastewater from heavy metals is particularly relevant. And in connection with this is an issue for the establishment of water treatment technologies, to optimize the process and to achieve a high quality of discharged water. The aim is to determine the optimal pH range for the extraction of heavy metals from wastewater.

Keywords: wastewater treatment, heavy metals, cation exchange membranes.

Для улучшения показателей сточных вод, и минимизации наносимого ущерба окружающей среде необходимо оптимизировать процесс очистки сточных вод, а именно повысить степень очистки. Для достижения желаемого результата необходимо изучить факторы, влияющие на степень очистки сточных вод. Одним из таких факторов является водородный показатель. Контроль за уровнем водородного показателя очень важен, так как изменение рН влияет на качество и эффективность очистки воды. Таким образом целью данной работы является изучение влияния водородного показателя на эффективность очистки сточных вод катионообменными мембранами, и определение оптимальных интервалов водородного показателя для очистки сточных вод от тяжелых металлов.

В диссертации Святохиной В.П. "Исследование реагентного метода очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов" был произведен расчет минимальной растворимости гидроксидов металлов в водной среде и оценка эффективности реагентного метода. Так же были представлены интервалы рН, обеспечивающие минимальную растворимость гидроксидов металлов в воде. [1]

Основываясь на данную диссертацию нами были проведены исследования влияния водородного показателя на эффективность очистки сточных вод катионообменными мембранами. Для достижения поставленной цели через катионообменные мембраны пропускались растворы хлорида железа (II), сульфата меди и цинка, и др., с различными значениями водородного показателя. Результаты данных исследований представлены на рисунке.

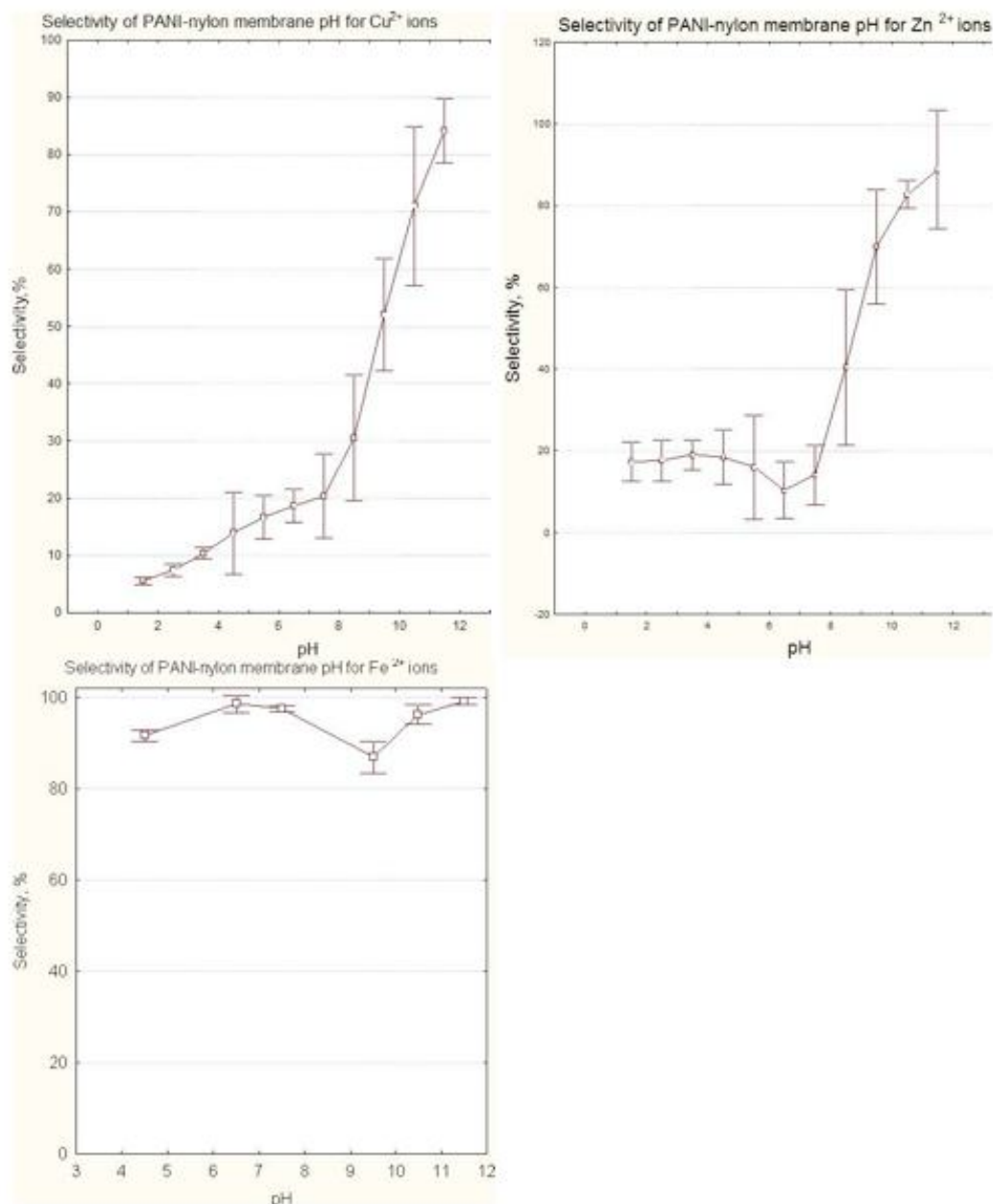


Рис. 1. Зависимость селективности мембраны нейлон-ПАНИ от водородного показателя раствора для ионов металлов: Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} .

Из результатов исследований видно, что наилучшая селективность наблюдается в диапазонах водородного показателя обеспечивающего наименьшую растворимость металлов в воде (см. рис.8). Для меди Cu от 8 до 12 pH, для железа Fe от 4 до 12 pH, для цинка Zn от 9 до 11 pH. Это обусловлено образованием нерастворимых соединений (гидроксидов металлов), и при данных значениях водородного показателя, мембрана работает не как катионообменная, а как обычный фильтр.

В связи с этим целесообразно разделять сточные воды на 4 потока и производить осаждение до заданных значений pH, интервал которых представлен в табл. 1. Такое разделение потоков сточных вод поможет достичь норм требований ПДК.

Таблица 1. – Оптимизация интервалов значений pH для извлечения металлов из сточных вод.

Поток	Удаляемые металлы при минимальной растворимости гидроксидов	Интервал pH
1	Cr, Zn, Cu, Fe	9 - 10
2	Ni, Co, Zn, Cu, Fe	10 – 10.7
3	Pb, Cd, Co, Cu, Fe	11 – 11.5
4	Mn, Cd, Co, Cu, Fe	11.2 - 12

Таким образом для достижения наилучших показателей очистки сточных вод необходимо учитывать состав сточных вод, и к каждому конкретному составу подбирать оптимальные условия очистки. Особое внимание необходимо уделять водородному показателю сточных вод. Разделяя сточные воды на несколько потоков, или проводя очистку в несколько этапов, в зависимости от значений pH, можно достичь наилучших показателей чистоты сбрасываемых сточных вод, и значительно сократить ущерб, наносимый окружающей среде.

Литература

1. Святохина В.П. Исследование реagenтного метода очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Уфа, 2002.

References

1. Svjatochina V.P. Issledovanie reagentnogo metoda ochistki stochnyh vod ot ionov tjazhelyh metallov. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk. Ufa, 2002.

ПОДСИСТЕМА ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ СОБЫТИЙНО-ДЕЙСТВЕННОЙ МОДЕЛИ

Аннотация

В работе описывается возможность применения событийно-действенной модели в системах автоматизации зданий с использованием механизма персонализации.

Ключевые слова: автоматизация, персонализация, здание, модель.

Fomin S.P.

Postgraduate student, Murom Institute (branch) of Vladimir State University the name of Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov

THE SUBSYSTEM OF PERSONALIZATION IN BUILDING AUTOMATION SYSTEM BASED ON EVENT-EFFECTIVE MODEL

Abstract

The article describes possibility of using an event-efficient models in building automation systems with mechanism of personalization.

Keywords: automation, personalization, building, model.

Целью настоящей работы является описание базовой логики работы системы автоматизации зданий по событийно-действенной модели с использованием механизма персонализации.

Современный человек использует множество устройств, которые упрощают жизненные процессы, делают их более комфортными, а так же экономят время. Сейчас существует большое количество систем управления домом, в основном это охранные системы или системы управления светом и мультимедиа и т.д., однако не существует системы, обладающей всеми функциями, как правило, это отдельные не связанные модули.

В европейских странах системы автоматизации зданий давно не новшество, сейчас такие технологии активно развиваются и в нашей стране. Люди проявляют все больший интерес к улучшению условий проживания. По исследованиям в среднем около 1 часа в день человек тратит на выполнение бытовых операций, таких как включение света, открывание штор и так далее. Система автоматизации дома позволит сэкономить это время.

Современные системы автоматизации зданий можно разделить на два типа[1]:

1. статические;
2. интеллектуальные (экспертные).

Эти два типа отличаются друг от друга логикой работы, первые жестко запрограммированы на выполнения определенного набора действий. Второй тип более гибкий и может адаптироваться под происходящие события, выбирая действие, может пополнять свою базу знаний. Большая часть систем, относится к первому типу.

Интеллектуальные системы содержат в своей основе экспертную подсистему, которая и помогает пользователю принимать решение или принимает решение самостоятельно[6], схема системы представлена на Рисунке 1.

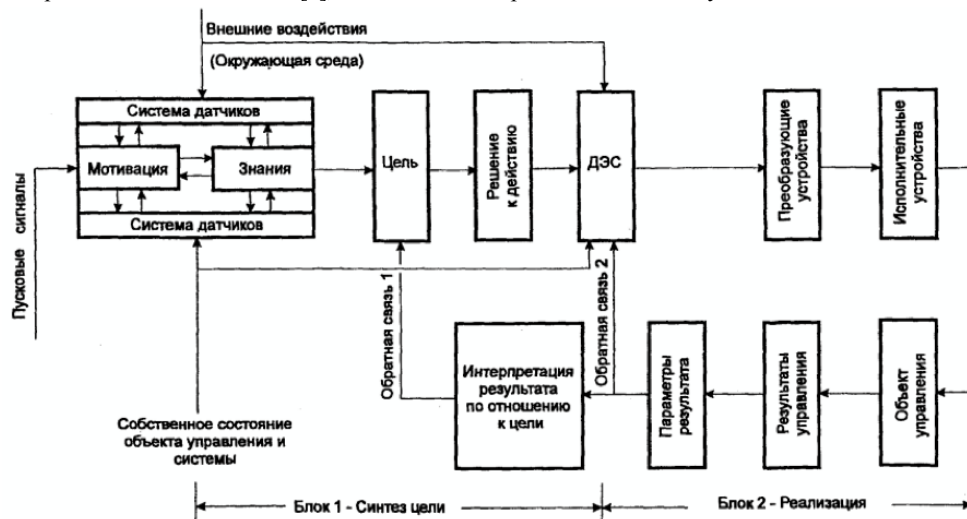


Рис. 1 – Блок-схема интеллектуальной подсистемы системы автоматизации зданий

В схеме можно отдельно выделить блок взаимодействия системы с внешним миром – это системы датчиков, которые мотивируют действия в системе, благодаря передачи в систему параметров о внешней среде. На основе этих данных система делает выводы о состоянии среды, формирует базу знаний и принимает решение о действии[6].

В современных системах широко используется событийно-действенная модель работы. В системе выделяется две сущности: событие и действие. По сути это может быть одно и то же, но отличаются они только логически. Например, включение света, может быть как действием, так и событием. На основе действий и событий формируется правило. Правило говорит, что после наступления события следует выполнить набор действий, Рисунок 2.

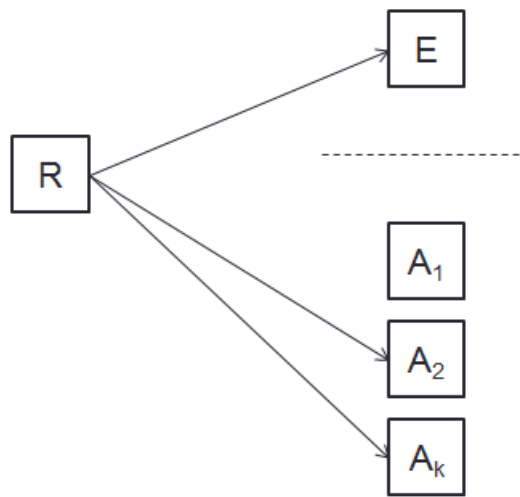


Рис. 2 – Модель описания правила

Событие → Действие

$R = \langle E, A \rangle$

где

R – совокупность событий и действий

E – событие $E = \{E1\}$

A – действие, $A = \{A1, A2 \dots AK\}$

k – количество действий для правила

Правило в современных системах управления зданием содержит один элемент события, количество действий в системе может не совпадать с количеством действий для правила. На основе модели на Рисунке 2 можно представить более расширенную схему работы событийно-действенной модели, Рисунок 3.

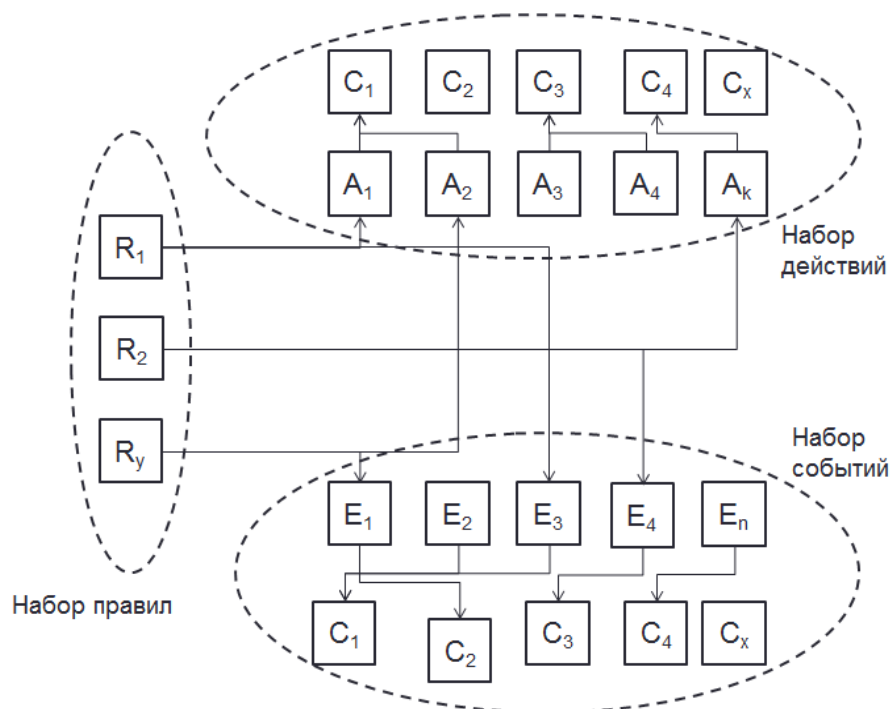


Рис. 3 – Расширенная схема модели описания правила

R – совокупность множеств событий и действий;

y – количество событий;

E – событие;

n – количество событий для правила;

A – действие;

k – количество действий для правила;

C – элемент системы;

x – количество элементов системы.

Здесь в расширенном виде представлена схема событийно-действенной модели, в основе которой лежат наборы множеств действий, событий, правил и элементов системы. Не все элементы могут быть связаны, также следует отметить, что элемент правила включает в себя только один элемент события, что крайне неудобно, это не дает возможности более точного описания правила. Для этого предлагается использовать измененную модель, где правило может включать множество событий и действий, Рисунок 4.

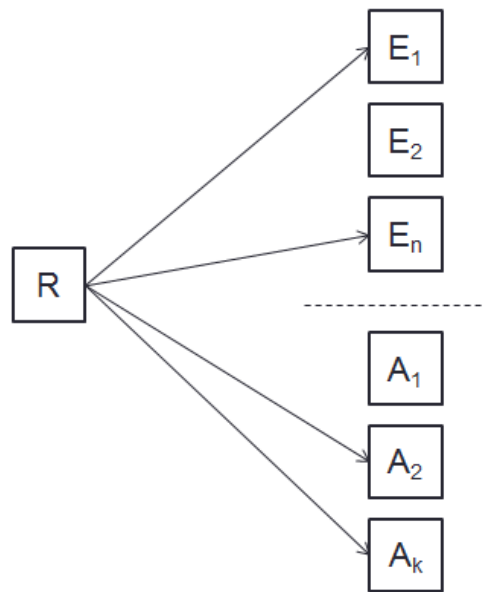


Рис.4 – Предлагаемая модель описания правила

$R = \{E_1, E_2, \dots, E_N; A_1, A_2, \dots, A_K\}$

где

R – совокупность событий и действий

E – событие

n – количество событий для правила

A – действие

k – количество действий для правила

Здесь правило представлено как совокупность множеств действий и событий, такая модель описания правила позволит более точно и полно описать правило.

Существует три модели формирования правил: статическая (Рисунок 5), ручная (Рисунок 5) и динамическая (Рисунок 6).

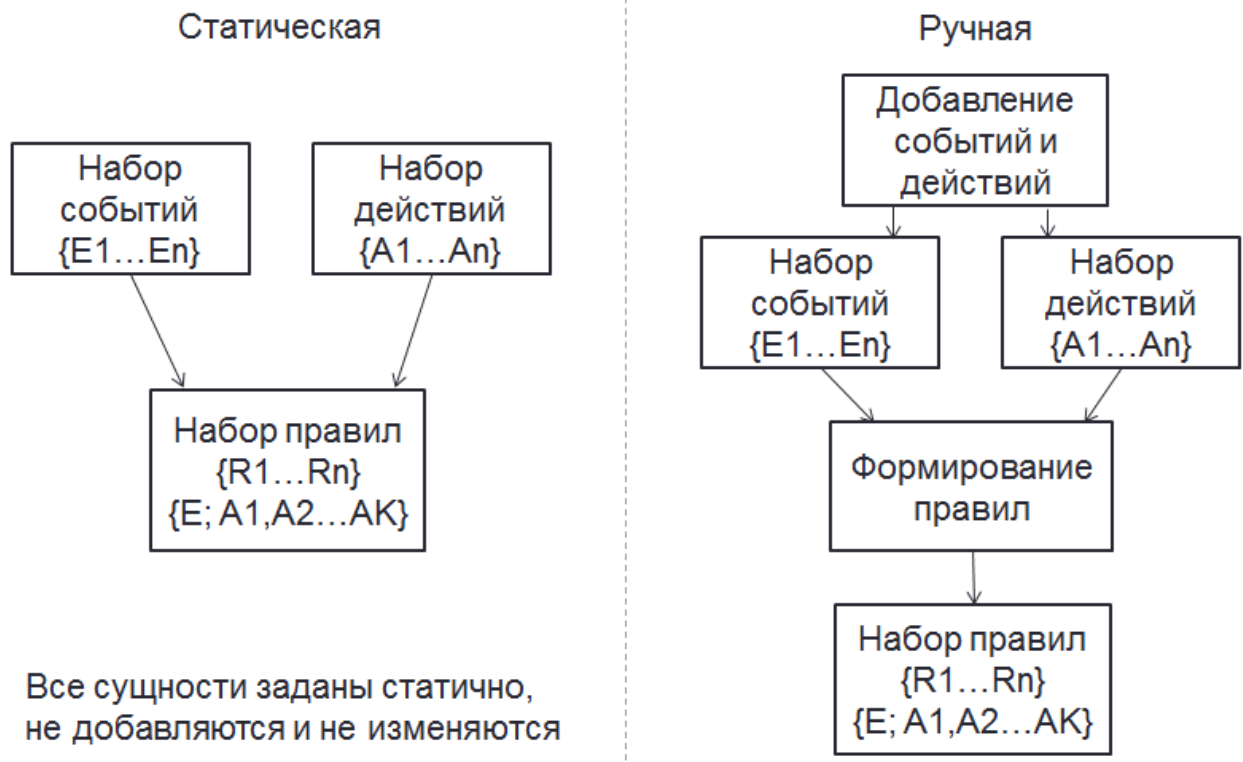


Рис. 5 – Статическая и ручная модели формирования правила

В основном системы автоматизации зданий придерживаются статической или ручной модели формирования правил. Статическая модель – когда в системе жестко прописаны правила и изменение или добавление новых без специалиста невозможно. Ручная модель позволяет пользователю самостоятельно редактировать и добавлять новые правила.

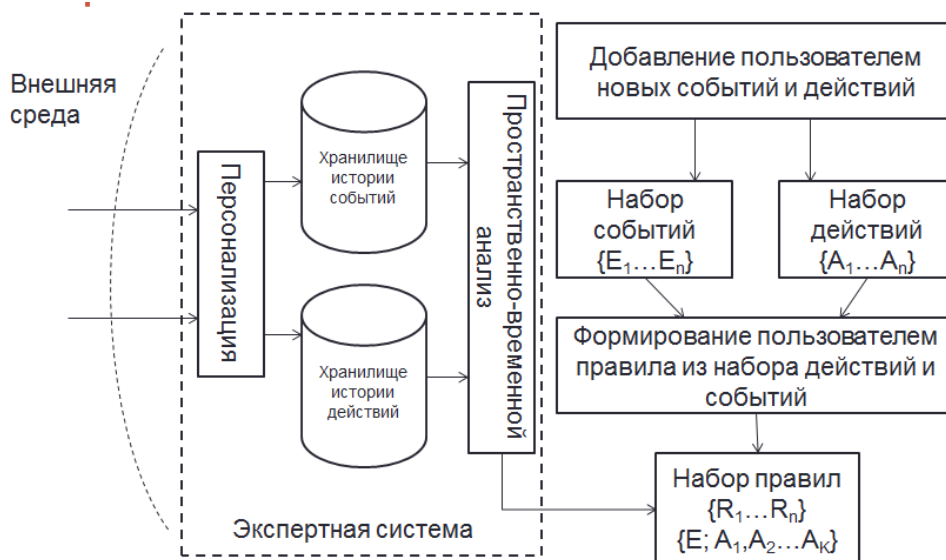


Рис. 6 – Динамическая модель форматирования правила

Динамическая модель – это расширенная ручная модель с использованием элемента экспертной системы. В ней выделяется отдельный блок для обработки данных из внешней среды. Поступающие данные обрабатываются по мере накопления, в результате такой обработки система сама выделяет новые события и формирует на их основе правила.

Однако ни одна из существующих систем не использует механизм персонализации при выполнении правил. Это может быть очень полезно для корректировки состояния здания под конкретного пользователя. Механизм персонализации можно представить на основе слоев правил, Рисунок 7.

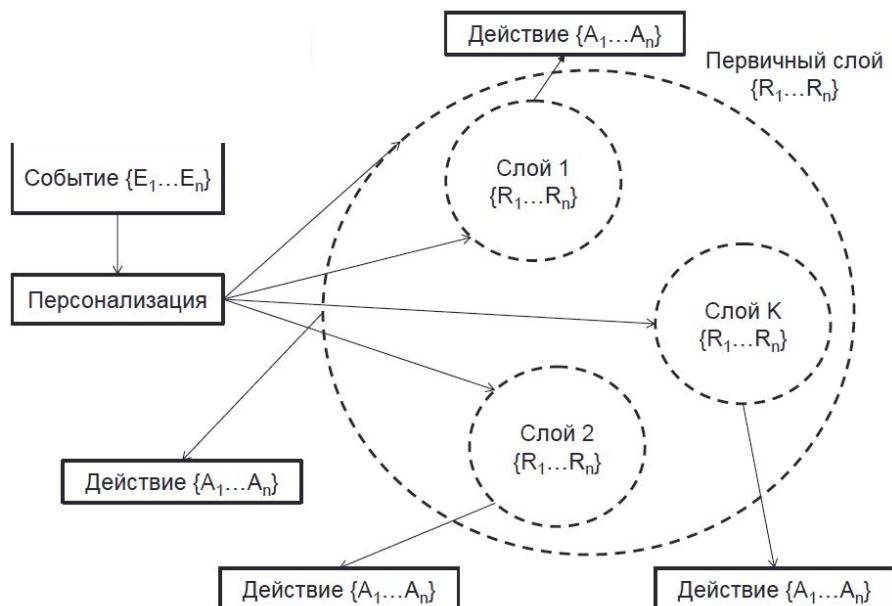


Рис. 7 – Слои правил для механизма персонализации

На рисунке мы можем видеть наборы правил, есть первичный набор, который выполняется в случае отказа персонализации или отсутствия правила во вторичных слоях.

Использование механизма персонализации в системах автоматизации здания – это возможность качественно улучшить множество показателей системы. Перспективы механизма персонализации в системе автоматизации здания: отказ от использования ряда датчиков, улучшенный визуальный контроль за зданием, улучшение качества работы системы, улучшение показателей экономии ресурсов (электричество, вода, тепло), экономия времени конечного пользователя.

Литература

1. Моделирование систем : метод. указания к практ. занятиям / сост. Р. И. Макаров ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2005. – 28с
2. Астафьев А.В., Провоторов А.В., Орлов А.А. Комплексный анализ систем мониторинга и визуализации производственного процесса на промышленных производствах // Электронный журнал «Системный анализ в науке и образовании» – 2011. – №1. – С. 1-6.
3. Маклаков С.В. BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем. – М.: Диалог-Мифи, 1999. – С. 256.
4. Волчков С.А. Моделирование для непрерывного улучшения бизнес-процессов на базе стандартов ERP и ИСО 9001 от 2000 года // Методы менеджмента качества. – 2001. – №2. – С. 14-15.
5. Соловьёв А. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / под ред. Р. В. Васильева. – М, 1996. – С. 276.
6. Пупков К.А. Современные методы, модели и алгоритмы интеллектуальных систем: Учеб. Пособие. – М.: РУДН, 2008. – 154 с.

References

1. Modelirovanie sistem : metod. ukazaniya k prakt. zanjatijam / sost. R. I. Makarov ; Vladim. gos. un-t. – Vladimir : Izd-vo VIGU, 2005. – 28s

2. Astafev A.V., Provotorov A.V., Orlov A.A. Kompleksnyj analiz sistem monitoringa i vizualizacii proizvodstvennogo processa na promyshlennyh proizvodstvah // Jelektronnyj zhurnal «Sistemnyj analiz v nauke i obrazovanii» – 2011. – №1. – S. 1-6.
3. Maklakov S.V. BPWin i ERWin. CASE-sredstva razrabotki informacionnyh sistem. – M.: Dialog-Mifi, 1999. – S. 256.
4. Volchkov S.A. Modelirovanie dlja nepreryvnogo uluchsheniya biznes-processov na baze standar-tov ERP i ISO 9001 ot 2000 goda // Metody menedzhmenta kachestva. – 2001. – №2. – S. 14-15.
5. Solov'jov A. Prakticheskaja vibrodiagnostika i monitoring sostojanija mehanicheskogo oborudovanija / pod red. R. V. Vasil'eva. – M, 1996. – С. 276.
6. Pupkov K.A. Sovremennye metody, modeli i algoritmy intellektual'nyh sistem: Ucheb. Posobie. – M.: RUDN, 2008. – 154 s.

Фомин С.П.

Аспирант, Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Муром.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ В ЖИЛЫХ ОБЪЕКТАХ

Аннотация

В работе рассматривается актуальность разработки системы управления домом, описаны базовые принципы и средства разработки, а также перспективы и преимущества внедрения.

Ключевые слова: автоматизация, система, здание, модель.

Fomin S.P.

Postgraduate student, Murom Institute (branch) of Vladimir State University the name of Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov

THE TOPICAL OF INFORMATION SYSTEMS IN RESIDENTIAL BUILDING

Abstract

The article describes the relevance of the development of home control system, and the basic principles and development tools, as well as the prospects and benefits of implementation.

Keywords: automation, personalization, building, model.

Современный человек использует множество устройств, которые упрощают жизненные процессы, делают их более комфортными, а так же экономят время. К примеру, мобильный телефон, с его помощью человек будет всегда на связи или кулер для воды, в нем постоянно есть горячая и холодная вода. Люди стремятся автоматизировать все, в том числе свой дом. Дом – это комплекс множества устройств, за которыми нужно следить: газовое оборудование, электрооборудование, водоснабжение. Дом необходимо охранять – это охранная система. Дом – это место отдыха и удобства и поэтому именно сейчас современному человеку будет интересна система управления его жилищем (“Умный дом”).

Сейчас существует большое количество систем управления домом, в основном это охранные системы, однако не существует системы, обладающей всеми функциями, как правило, это отдельные не связанные модули. Подобные системы очень дороги и при комплексном подходе стоимость их измеряется сотнями тысяч рублей. Стоимость установки охранного модуля для квартиры около 50 000 рублей и последующая ежемесячная оплата.

В настоящей статье рассматривается проектирование системы с использованием Arduino-контроллеров и комплектующих одноименной фирмы. Эти контроллеры очень распространены, есть большое количество зарубежной литературы и реализованных проектов с открытым кодом, осуществляется хорошая техническая поддержка Arduino-сообществом. Стоимость контроллеров колеблется от 500 до 2000 рублей, что в несколько раз меньше существующих аналогов. Arduino позволяет проводить быструю настройку и программирование, возможность прямого выхода в сеть и понятное управление подключенными устройствами.

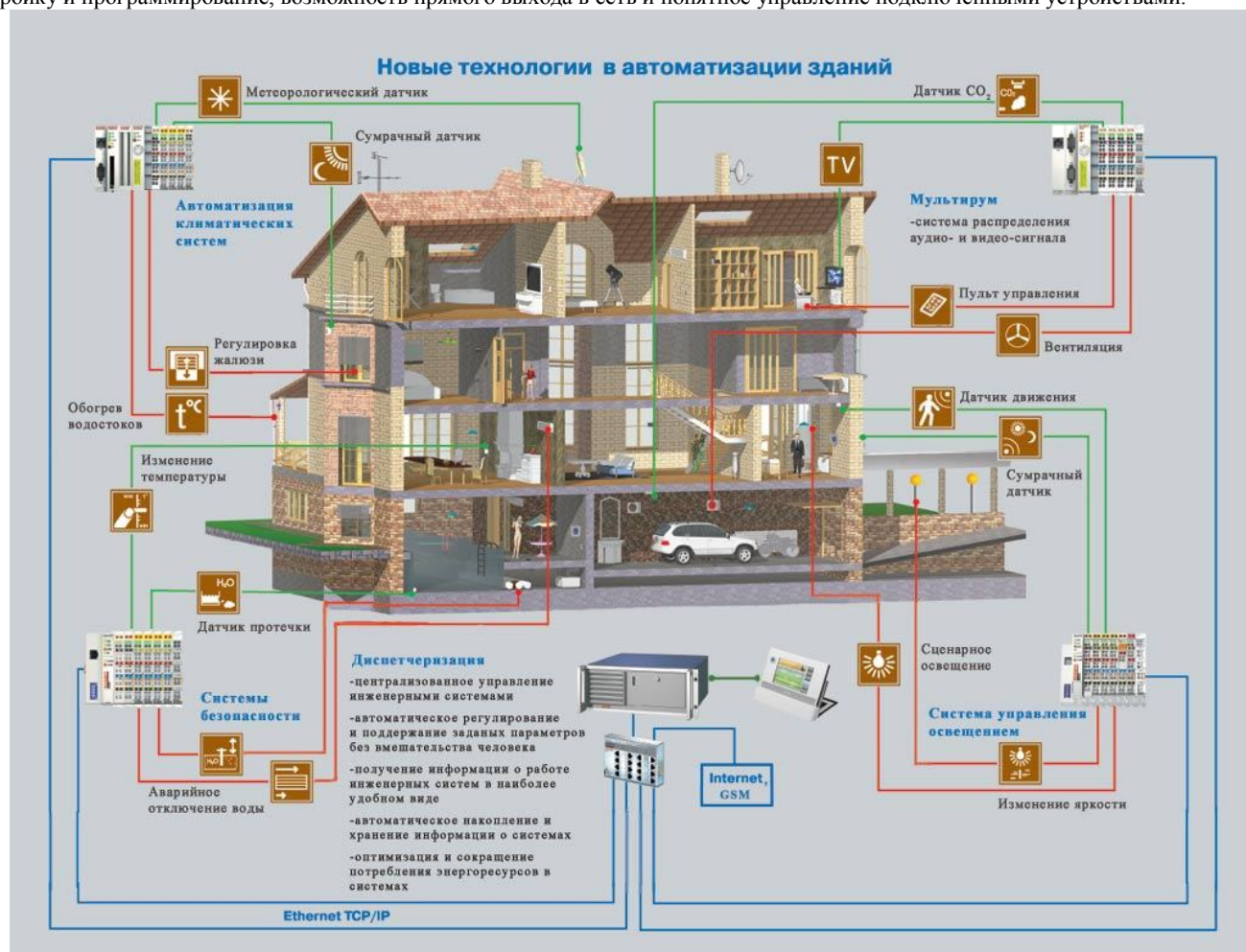


Рис. 1 – Вариант автоматизации дома

Цель разработки системы: дать пользователю интерфейс для мониторинга, визуализации и управления состоянием процессов дома, разработать систему значительно ниже рыночной стоимости. Система разрабатывается для удобства и экономии времени человека.

Основные составляющие разрабатываемой системы:

1. управление домом через мобильное устройство;
2. охранный модуль, постановка дома на пассивную охрану;
3. управление световым оборудованием;
4. активная защита с информированием пользователя по email или sms (протечка воды, утечка газа, система может перекрыть воду или газ);
5. видеонаблюдение с трансляцией на мобильном устройстве;
6. управление мультимедиа;
7. управление климатом;
8. универсальный модуль пользовательского программирования дома по типу Событие-Действие, благодаря которому пользователь сможет сам настроить систему;
9. наглядный модуль визуализации данных, в котором будут отображены все процессы и сводные данные дома.

Это базовые, основные задачи. Планируемый экономический эффект от внедрения:

1. снижение затрат на электроэнергию, за счет управления потреблением электричества;
2. отсутствие затрат на ежемесячную оплату охранной сигнализации;
3. своевременное предотвращение утечек воды и газа, исключает расходы на ремонт;
4. низкая стоимость компонентов и дополнительного обслуживания;
5. стоимость установки значительно ниже рыночной.

Научный потенциал:

1. разработка новых методов и алгоритмов распознавания движения;
2. разработка алгоритмов управления видеонаблюдением, распознавание объектов;
3. разработка нового метода программирования дома по принципу Событие-Действие.

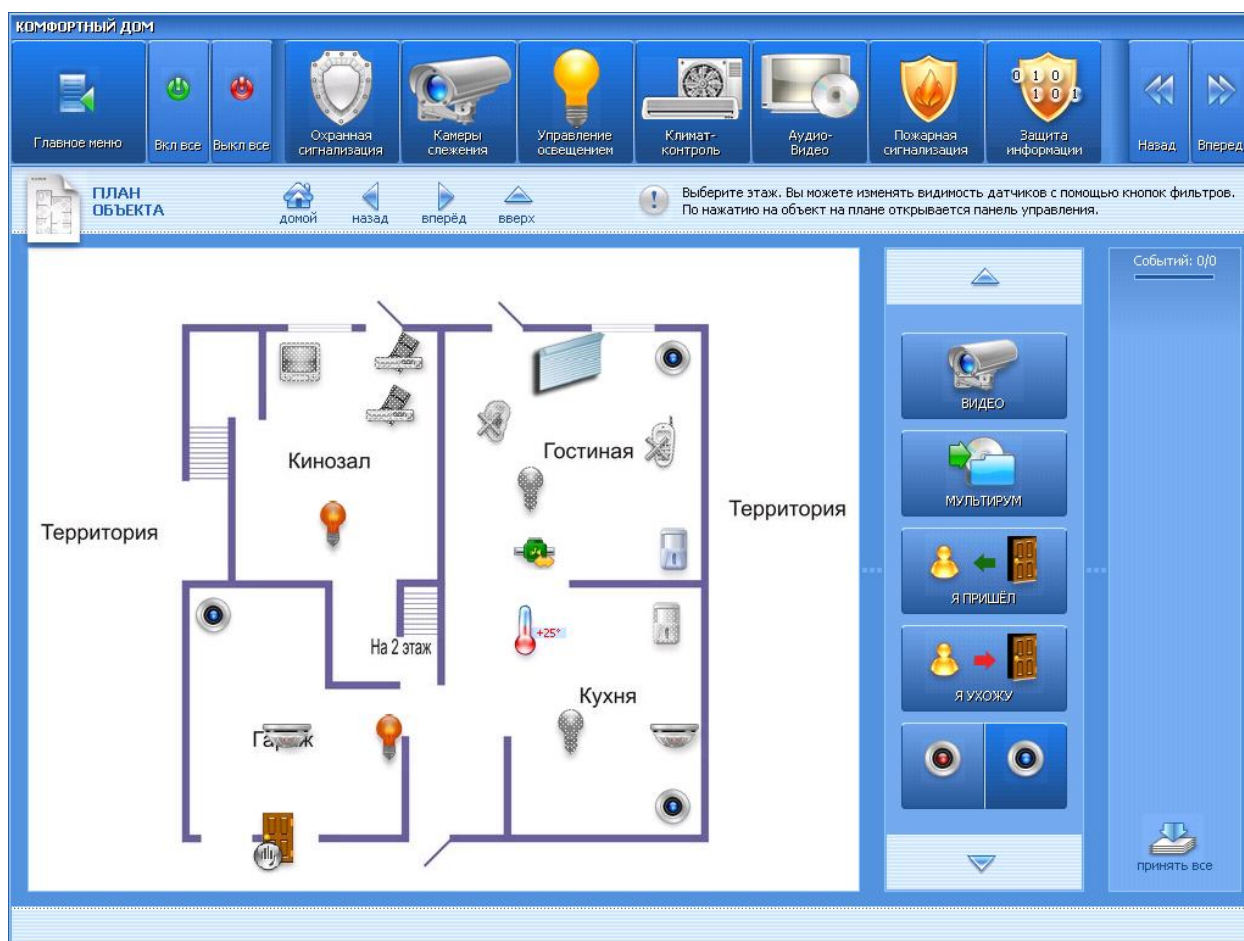


Рис. 2 – Пример пользовательского интерфейса

Система должна быть связана с сетью Internet и работать с единым сервером, чтобы пользователь через мобильное устройство мог зайти в панель управления домом. В случае отключения интернета или электричества система будет работать автономно, используя резервное питание и выход в интернет. Так как система будет использовать Arduino-контроллеры, ниже приведена схема взаимодействия с элементами дома.

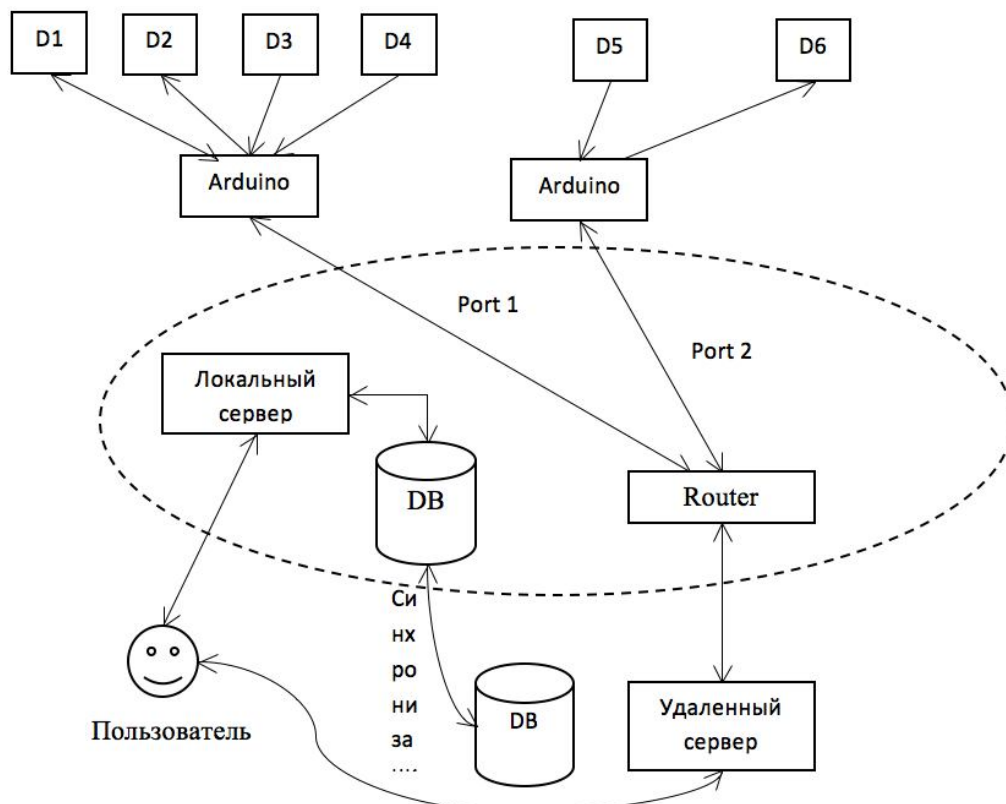


Рис. 3 – Схема работы системы

В доме может быть несколько контроллеров, которые взаимодействуют с другими датчиками. Датчики могут отправлять сигнал или получать, некоторые делают оба действия. В случае нахождения пользователя внутри информационной сети дома, то общение происходит с локальным интерфейсом, полностью идентичным удаленному, при этом данные сохраняются локально и синхронизируются с удаленной базой.

В системе будут использованы следующие компоненты: датчики дыма, газа, огня, света, температуры, движения, видекамеры, датчики влажности и подтопления, модуль взаимодействия со световыми приборами, электроклапаны, wifi-адаптеры, LED-экраны и множество других компонентов. Все элементы должны работать комплексно и органично, как единое целое.

Разработка и последующее внедрение таких систем перспективное направление. Подобные системы позволят изменить отношение к человеческому дому. Дом получит функционал для управления с визуализацией и мониторингом, что даст пользователю комфорт, гарантию спокойствия и сэкономит денежные средства.

Литература

1. Моделирование систем : метод. указания к практ. занятиям / сост. Р. И. Макаров ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2005. – 28с
2. Астафьев А.В., Провоторов А.В., Орлов А.А. Комплексный анализ систем мониторинга и визуализации производственного процесса на промышленных производствах // Электронный журнал «Системный анализ в науке и образовании» – 2011. – №1. – С. 1-6.
3. Маклаков С.В. BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем. – М.: Диалог-Мифи, 1999. – С. 256.
4. Волчков С.А. Моделирование для непрерывного улучшения бизнес-процессов на базе стандартов ERP и ИСО 9001 от 2000 года // Методы менеджмента качества. – 2001. – №2. – С. 14-15.
5. Соловьёв А. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / под ред. Р. В. Васильева. – М., 1996. – С. 276.
6. Пупков К.А. Современные методы, модели и алгоритмы интеллектуальных систем: Учеб. Пособие. – М.: РУДН, 2008. – 154 с.

References

1. Modelirovanie sistem : metod. ukazaniya k prakt. zanjatijam / sost. R. I. Makarov ; Vladim. gos. un-t. – Vladimir : Izd-vo VIGU, 2005. – 28s
2. Astafev A.V., Provotorov A.V., Orlov A.A. Kompleksnyj analiz sistem monitoringa i vizualizacii proizvodstvennogo processa na promyshlennyh proizvodstvah // Jelektronnyj zhurnal «Sistemnyj analiz v nauke i obrazovanii» – 2011. – №1. – S. 1-6.
3. Maklakov S.V. BPWin i ERWin. CASE-sredstva razrabotki informacionnyh sistem. – M.: Dialog-Mifi, 1999. – S. 256.
4. Volchkov S.A. Modelirovanie dlja nepreryvnogo uluchshenija biznes-processov na baze standar-tov ERP i ISO 9001 ot 2000 goda // Metody menedzhmenta kachestva. – 2001. – №2. – S. 14-15.
5. Solov'jov A. Prakticheskaja vibrodiagnostika i monitoring sostojanija mehanicheskogo oborudovanija / pod red. R. V. Vasil'eva. – M., 1996. – С. 276.
6. Pupkov K.A. Sovremennye metody, modeli i algoritmy intellektual'nyh sistem: Ucheb. Posobie. – M.: RUDN, 2008. – 154 s.

Чакрян В.Р.¹, Румянцев П.А.²

¹Кандидат технических наук, доцент, Российский государственный социальный университет, филиал в г. Сочи. ²кандидат технических наук, доцент, Российский государственный социальный университет, филиал в г. Сочи.

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ГЕНЕРАЦИИ ПОТОКОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СООБЩЕНИЙ ОТ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА МНОГОМЕРНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ.

Аннотация

В статье рассмотрены алгоритмы генерации сообщений от нескольких источников, территориально распределенных случайным образом в зоне действия беспроводной сети. Указанные алгоритмы строятся на основе теории многомерных распределений и случайных процессов, которые могут быть использованы для описания процессов присутствующих при

Ключевые слова: случайные величины, ковариационная матрица, многомерные распределения.

Chakryan V.R.¹ Rummyantsev P.A.²

¹Dozent, candidate of technical sciences, associate Professor, Russian state social University, the branch, in Sochi, ²Dozent, candidate of technical sciences, associate Professor, Russian state social University, the branch, in Sochi.

SOME APPROACHES TO GENERATE FLOWS OF TELECOMMUNICATION MESSAGES FROM MULTIPLE SOURCES USING THE APPARATUS OF MULTIDIMENSIONAL DISTRIBUTIONS

Abstract

The article describes the algorithms generate messages from multiple sources distributed randomly in range of a wireless network. These algorithms are based on the theory of multidimensional distributions and random processes, which can be used to describe processes present during the operation of the networks, wireless data transmission, and can be used at the design of anti-jamming wireless communication networks.

Keywords: random variables, covariance matrix, multidimensional distribution.

Для того что бы сгенерировать ковариационную матрицу необходимо определить для нее вероятностную меру, в качестве которой можно взять распределение Уишарта [1]. Если $\Sigma = I$, то распределение Уишарта можно считать многомерным обобщением распределения χ^2 . Указанное распределение характеризует меру рассеивания выборки относительно генеральной совокупности (в многомерном случае) и, как следствие, отличие ковариационных матриц выборки и генеральной совокупности, то

есть, если $X \sim N_p(0, \Sigma)$, то матрица $M(p \times p) = C^T C = \sum_{i=1}^n X_i X_i^T$ имеет распределение Уишарта, которое обозначается как

$W_p(\Sigma, n)$, где n – объем выборки. В том случае, когда $p = 1$ $W_1(\sigma^2, n)$ есть распределение $\sigma^2 \chi^2(n-1)$. Так как матрица M является симметричной, то ее можно рассматривать как элемент векторного пространства $(m_{11}, \dots, m_{p1}, m_{22}, \dots, m_{p2}, m_{pp})^T \in R^l$, где $l = \frac{p(p+1)}{2}$. Неотрицательно определенные симметричные матрицы образуют

в R^l выпуклый конус, который является носителем распределения Уишарта.

Далее сформулирован ряд некоторых важных утверждений, на основании которых будут предложены алгоритмы генерации симметричных неотрицательно определенных матриц.

У т в е р ж д е н и е 1

Если $M \sim W_p(\Sigma, n)$ и $B(p \times q)$, то матрица $B^T M B$ имеет распределение Уишарта, т.е. $W_q(B^T \Sigma B, n)$.

Используя утверждение 1, можно нормализовать матрицу $M - \Sigma^{-1/2} M \Sigma^{-1/2}$ и на основании утверждения 1 можно получить для нее распределение $W_p(I, n)$.

Связь с распределением χ^2 устанавливает следующее утверждение.

У т в е р ж д е н и е 2

Если $M \sim W_p(\Sigma, n)$ и $A \in \mathbb{R}^p$, где $A^T \Sigma A \neq 0$, то распределение $A^T M A (A^T \Sigma A)^{-1}$ есть распределение $\chi^2(n-p)$.

Данное утверждение следует из утверждения 1, в том случае, если применить нормализацию $A^T M A$. Существенную роль в анализе ковариационных матриц является следующее утверждение.

У т в е р ж д е н и е 3

Пусть $C(n \times p)$ – матрица значений многомерных случайных величин, распределенных как $N_p(0, \Sigma)$. Пусть также $G(n \times n)$ – симметричная неотрицательно определенная матрица.

а) $C^T G C$ имеет распределение Уишарта, причем с весовыми коэффициентами, то есть $C^T G C = \sum_{i=1}^n \lambda_i W_p(\Sigma, 1)$, где

весовые коэффициенты $\lambda_i, i = 1, \dots, n$ – собственные значения матрицы G ;

б) $C^T G C$ имеет распределение Уишарта только, если $G^2 = G$. В этом случае $C^T G C \sim W_p(\Sigma, r)$, и $r = \text{rank}(G) = \text{Tr}(G)$;

с) $nS = C^T C$ имеет распределение $W_p(\Sigma, n)$ (S – выборочная ковариационная матрица);

д) \bar{X} и S независимы.

Для генерации случайной матрицы $B_1 \sim W_p(\Sigma, n)$ можно использовать следующий алгоритм.

Алгоритм 1 (Генерация матрицы Уишарта)

1. Используя метод квадратного корня, получаем матрицу A , для которой справедливо $\Sigma = A^T A$.

Подпрограмма:

1.1. Начало цикла для $i = 1, 2, \dots, N$.

1.2. Начало цикла для $j = 1, 2, \dots, i-1$.

1.3. Если $i \neq j$ то

1.3.1. $S = 0$.

1.3.2. Начало цикла по $k = 1, 2, \dots, j-1$.

1.3.3. $S := S + A_{i,k} A_{j,k}$.

$$1.3.4. A_{i,j} := \frac{1}{A_{j,j}} (\Sigma_{i,j} - S).$$

1.3.5. Окончание цикла по k .

1.4. Если $j = i - 1$ то 1.3.1. $S = 0$.

1.4.1. Начало цикла по $k = 1, 2, \dots, i - 1$.

$$1.4.2. S := S + \sqrt{A_{i,k}}.$$

$$1.4.3. A_{i,i} = \sqrt{C_{i,i} - S}.$$

1.5. Окончание цикла по j , Окончание цикла по i .

2. Генерация выборку размера n p -мерных случайных величин $\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_n$, где $\mathbf{y}_i = (y_1, \dots, y_p)$, $y_i \sim N_p(0, I)$. Пусть

$$B_2 = \sum_{i=1}^n \mathbf{y}_i \mathbf{y}_i^T.$$

3. Вычисление $B_1 = A^T B_2 A$.

Взяв за основу алгоритм 1 [3] предлагается усовершенствованный алгоритм генерации случайной ковариационной матрицы, соответствующей выборке размера n p -мерных случайных величин. Отметим, что при генерации матрицы Уишарта используется разложение экспоненциального члена в формуле

$$f_X(\mathbf{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{x} - \mu)^T \Sigma^{-1} (\mathbf{x} - \mu) \right\}, \mathbf{x} \in \mathbb{R}^p, \text{ которое носит название преобразование Хельмерта [2].}$$

Согласно этому преобразованию генерируемая случайная величина X в следующем алгоритме 2, независима от остальных величин и имеет нормальное распределение с математическим ожиданием равным нулю и дисперсией равной единице, плотность

$$\text{вероятности которой имеет вид: } p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} x^2 \right\} dx.$$

Таким образом, распределение \mathbf{Z} имеет дисперсию $D\mathbf{Z} = \sum_{i=1}^p x_i^2 \sigma_i^2$.

Алгоритм 2 (Генерация ковариационной матрицы соответствующей выборке многомерного нормального распределения имеющей ковариационную матрицу Σ).

1. Выполнение шага 1 из алгоритма 1.

2. Генерация матрицы Z .

Подпрограмма:

2.1 Начало цикла для $i = 1, 2, \dots, j$.

2.2 Начало цикла для $j = 2, 3, \dots, p$.

2.3. $z_{ij} = X_{N(0,1)}$, где $X_{N(0,1)}$ – случайная величина, имеющая нормальное распределение.

2.4. Окончание цикла для j, i .

3. Генерация независимой величины y_i , имеющую распределение $\chi^2(n-i)$.

Подпрограмма:

3.1. Начало цикла для $i = 1, 2, \dots, p$.

$$3.2. y_i = X_{\chi^2(n-i)}.$$

3.3. Окончание цикла для i .

4. Расчёт элементов b_{ij} матрицы B .

Подпрограмма:

$$4.1. b_{11} = y_1.$$

4.2. Начало цикла для $j = 1, 2, \dots, p$

$$4.2.1. b_{1j} = z_{1j} \sqrt{y_1}.$$

4.2.2. Окончание цикла для j .

4.3. Начало цикла для $j = 2, 3, \dots, p$.

$$4.3.1. b_{jj} = y_j + \sum_{m=1}^{j-1} z_{mj}^2.$$

4.3.2. Окончание цикла.

4.4. Начало цикла для $i < j = 2, 3, \dots, p$.

$$4.4.1. b_{ij} = z_{ij} \sqrt{y_i} + \sum_{k=1}^{i-1} z_{ki} z_{kj}.$$

4.4.2. Окончание цикла.

4.5. Начало цикла для $i > j = 2, 3, \dots, p$.

4.5.1. $b_{ij} = b_{ji}$.

4.5.2. Конец цикла.

5. Получена матрица $V = \frac{1}{n} A^T B A$.

Основным плюсом алгоритма 2 является тот факт, что на каждом этапе вычислений нет необходимости в формировании $n \cdot p$ -мерных случайных величин.

В алгоритме генерации ковариационных матриц, который предлагается далее используется множество собственных значений матрицы. Суть данного алгоритма состоит в том, что на основании диагональной матрицы Λ с элементами которой имеют вид $0 \leq \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p \leq 1$, где $\sum \lambda_i = p$, строится матрица вида $A \Lambda A^T$.

Алгоритм 3 (Генерация случайной ковариационной матрицы с заданными собственными значениями)

Пусть $T = I_p$.

1. $k = 1$.

2. Генерация p -мерного вектора $\omega \sim X_{N(0,1)}$.

3. Вычисление $x = T\omega$.

4. Вычисление $a = \sum_i (1 - \lambda_i) x_i^2$.

5. Генерация p -мерного вектора $z \sim X_{N(0,1)}$.

6. Вычисление $y = Tz$.

7. Вычисление $b = \sum_i (1 - \lambda_i) x_i y_i$, $c = \sum_i (1 - \lambda_i) y_i^2$, $e^2 = b^2 - ac$.

8. Если $e^2 < 0$, то переход к шагу 5.

9. Выбор случайным образом знака: $S = -1$ или $S = 1$. Рассчитываем $r = \frac{b + se}{a} x - y$.

10. Выбор случайным образом знака и вычисление $p_k = S\omega(r^T r)^{-1}$.

11. Вычисление $T = I_p - rr^T$, $k = k + 1$.

12. Если $k < p$, переход к шагу 2.

13. $p_p = x(\sqrt{x^T x})^{-1}$.

14. Строим матрицу P , строки которой состоят из p_k . Получаем искомую случайную ковариационную матрицу $P \Lambda P^T$.

Литература:

1. Кендалл М., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. – М.: Наука, 1976. 736 с.
2. Кендалл М., Стьюарт А. Теория распределений / Под ред. А.Н. Колмогорова // Пер. с англ. В.В. Сазонова, А.Н. Ширяева. Т.1. – М.: Наука, 1966. 588 с.
3. Гуда А.Н., Бутакова М.А., Чернов А.В., Чакрян В.Р. Современное состояние методов исследований в области теории телеграфика: от Марковских процессов до мультифракталов и вейвлетов. Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2007. № 3. С. 17-23.

References

1. Kendall M., St'juart A. Mnogomernyj statisticheskij analiz i vremennye rjady. – М.: Nauka, 1976. 736 с.
2. Kendall M., St'juart A. Teorija raspredelenij / Pod red. A.N. Kolmogorova // Per. s angl. V.V. Sazonova, A.N. Shirjaeva. T.1. – М.: Nauka, 1966. 588 s.
3. Guda A.N., Butakova M.A., Chernov A.V., Chakrjan V.R. Sovremennoe sostojanie metodov issledovanij v oblasti teorii teletrafika: ot Markovskih processov do mul'tifraktalov i vejvletov. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshhenija. 2007. № 3. S. 17-23.

Туркин Д.Г.¹, Волокитин Е.И.², Левченко Р.А.³, Шевель В.В.⁴

¹Доцент; ²Студент; ³Студент; ⁴Студент, Дальневосточный Федеральный Университет

Исследование выполнено при поддержке ДВФУ, проект № 14-08-2/3-20

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В КОНТРОЛЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация

В статье обсуждаются новые тенденции в контроле технического состояния электроэнергетического оборудования на основе анализа содержания докладов на сессии СИПРЭ, посвященных вопросам диагностики и оценки состояния трансформаторов. Делаются выводы о наиболее перспективных тенденциях в разработке эффективных методов анализа технического состояния трансформаторов.

Ключевые слова: электроэнергетика, трансформаторы, диагностика.

Turkin D.G.¹, Volokitin E.I.², Levchenko R.A.³, Shevel V.V.⁴

¹Associate professor, ²Student; ³Student; ⁴Student, Far Eastern Federal University

NEW TRENDS IN ELECTRIC POWER EQUIPMENT TECHNICAL CONDITION MONITORING

The article considers new trends in the monitoring of power equipment condition, contains information from the main reports, devoted to the diagnosis and assessment of transformers, discussed on the CIGRE Session. Finally it has conclusions about the most perspective trends in the development of the most effective transformers condition analysis methods.

Keywords: electric power industry, transformers, diagnostics.

В настоящее время совершенствованию эксплуатационного контроля и диагностики состояния силовых трансформаторов 110-750 кВ в энергосистемах России и стран СНГ уделяется большое внимание. Одной из наиболее крупных организаций, занимающихся вопросами данной тематики, является СИГРЭ. СИГРЭ (английское название International Council on Large Electric System) создан в 1921 году во Франции как международная неправительственная и некоммерческая организация в области электроэнергетики. Деятельность СИГРЭ (Conseil International des Grands Reseaux Electriques – CIGRE) оказывает серьезное влияние на стратегическое видение развития энергосистемы, необходимое для выбора энергетической политики.

За истекший период эта организация сумела объединить учёных и специалистов энергетиков всего мира, причем решения, принимаемые на сессиях СИГРЭ, ложатся в основу формирования векторов научно-технического развития, определяют ключевые направления в области интеграционных процессов. Тематика работы шестнадцати постоянно действующих исследовательских комитетов охватывает весь спектр проблем функционирования и развития энергосистем. Исследовательский комитет А2 «Трансформаторы» изучает весь комплекс вопросов, связанных с проектированием и производством силовых трансформаторов и реакторов, обеспечением их эксплуатационной надежности. На 44-ой сессии СИГРЭ в качестве приоритетных были признаны следующие темы [1]:

1. Развитие средств и методов диагностики для оценки состояния трансформаторов, находящихся в эксплуатации;
2. Интеллектуальные системы мониторинга;
3. Оптимальная эксплуатация с учётом информации о динамических режимах работы и перегрузках.

Вышеперечисленные тематики предусматривают активную работу рабочей группы WG A2-49 исследовательского комитета А2. Эта группа с рабочим названием “Condition assessment of power transformers” (оценка состояния силовых трансформаторов) задачами своей деятельности считает:

- подготовку обзора существующих документов, связанных с тестированием и диагностикой силовых трансформаторов;
- определение набора параметров, необходимых и достаточных для полной оценки состояния трансформатора;
- определение весовых коэффициентов для каждого из параметров при оценке состояния трансформатора по индексу неисправности с использованием детерминистических и вероятностных методов;

В российских энергетических компаниях используются сотни различных систем мониторинга. Этой теме был посвящен доклад А2-102, представленной совместно ФСК ЕЭС, ФГУП ВЭИ, АСУ ВЭИ, в котором приведен анализ восьмилетнего опыта развития и применения средств и методов диагностики и мониторинга трансформаторного оборудования. В докладе отмечены основные проблемы, с которыми сталкиваются пользователи систем мониторинга. К ним относятся [1]:

- интеллектуальные системы мониторинга, алгоритмы, доступ к новым данным;
- оптимальная эксплуатация с учётом информации о динамических режимах работы и перегрузках, данных, получаемых от систем мониторинга;
- применение трансформаторов с учётом новых технологий, воздействие гармоник.

Решение этих проблем специалисты связывают с разработкой и внедрением систем on-line мониторинга, предусматривающие использование последних достижений в развитии информационно-измерительных систем, создании новых материалов и датчиков.

Одним из основных параметров, позволяющим давать оценку состояния трансформатора, а также формировать прогноз на вероятность отказа является хроматографический анализ растворенных газов (ХАРГ). Методы интерпретации результатов ХАРГ трансформаторного масла были оформлены как методики МЭК 599 в 1978 году. Рабочая группа СИГРЭ (РГ 15.01) после проверки действующих в мировой практике методик констатировала, что они существенно отличаются от рекомендаций МЭК 1978 года. Более того, различные методы интерпретации ХАРГ и критерии оценки состояния трансформаторов приводят к разным выводам.

Перед РГ 15.01 была поставлена задача найти оптимальную методику и дать материал для переработки рекомендаций МЭК на основании практического опыта энергетиков.

В публикации отмечается, что наиболее распространёнными методами интерпретации результатов ХАРГ масла являются методики Дорненбурга, СЕГВ (отношения по Роджерсу), Шлизингера, Дювала, МЭК 599, IEEE.

Появление и быстрое развитие дефекта во вводах трансформатора обычно сопровождается повышением концентраций различных газов, растворенных в масле. Увеличение содержания горючих газов (особенно ацетилена) практически всегда указывает на развитие дефектов, связанных с частичными разрядами, нагревом, появлением дуговых процессов при локальных замыканиях.

В рекомендациях МЭК употребляются термины «типичная концентрация», соответствующий нормальной концентрации газов, и «границная концентрация».

В таблице 1 приведены пределы разброса типичных концентраций ($\times 10^{-6}$ отн. ед.), определённых по базам данных 13 электрических сетей различных стран [2].

Таблица 1. Пределы разброса типичных концентраций газов

Газы	Без РПН	С РПН
H_2 (водород)	60-150	75-150
CH_4 (метан)	40-110	35-130
C_2H_2 (ацетилен)	3-50	80-270
C_2H_4 (этилен)	60-280	110-250
C_2H_6 (этан)	50-90	50-70
CO (угарный газ)	540-900	400-850
CO ₂ (углекислый газ)	5100-13000	5300-12000

Для конкретной энергокомпании рекомендуется определять типичные концентрации по базе данных для трансформаторов, эксплуатирующихся в данной энергосистеме. Граничные концентрации газов получены на основании практического опыта обследований отечественных трансформаторов. Их величины примерно соответствуют нижним пределам величин, приведённых в примере МЭК 60599. Эти данные различны для классов напряжения 110-500 кВ и 750 кВ. Граничная скорость нарастания концентрации газов – 10%.

Превышение концентрации газов требует повторного контроля, определения характера дефекта, а в дальнейшем – уращения отбора проб. Если к тому же превышена скорость нарастания газов – трансформатор отключается.

В России при проведении регламентных испытаний руководствуются следующими документами:

- РД 153.340.46.302.00 Методические указания по диагностике развивающихся дефектов по результатам хроматографического анализа газов, растворённых в масле трансформаторного оборудования /Разраб. ВНИИЭ/. - М., 2001

- Методические указания по диагностике состояния изоляции высоковольтных вводов 110-750 кВ. АО «Мосилолятор», М., 1994

- РД 34.46.302-89. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов по результатам хроматографического анализа газов, растворённых в масле силовых трансформаторов: /ВНИИЭ/. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1989

Согласно данным РД 34.45-51.300-97 граничные концентрации газов имеют следующие значения [2] (таб. 2).

Таблица 2. Граничные концентрации газов

Газ	Граничные концентрации, % об
H_2 (водород)	0,01
CO (угарный газ)	0,05
CH_4 (метан)	0,01
CO_2 (углекислый газ)	0,4
C_2H_4 (этилен)	0,01
C_2H_6 (этан)	0,005
C_2H_2 (ацетилен)	0,01
Всего содержание	10/20(25) г/т
Общее газосодержание	1,0/2,0/4,0

В настоящее время задачу диагностирования маслonaполненного оборудования на основе ХАРГ решают так называемые диагностические комплексы. Эти системы играют роль индикаторов, оперативно предупреждая о появлении нежелательных процессов в оборудовании. В диагностическом комплексе модуль первичных преобразователей должен состоять из семи датчиков, каждый из которых настроен на определённый газ.

Таблица 3. Пределы измеряемой концентрации различных газов

Наименование датчика	Обозначение газа	Граничная концентрация, % об.
Датчик водорода	H_2	0,001
Датчик метана	CH_4	0,001
Датчик ацетилена	C_2H_2	0,0001
Датчик этилена	C_2H_4	0,001
Датчик этана	C_2H_6	0,0001
Датчик оксида углерода	CO	0,0001
Датчик диоксида углерода	CO_2	0,001

В докладе А2-111 на 44-ой сессии СИГРЭ показано, что прогноз вероятности отказа оборудования целесообразно проводить по величине коэффициента старения. Индикаторами, наиболее чувствительными к старению являются суммарная концентрация растворенных в масле горючих газов (ацетилена, этилена метана), концентрации всех углеводородов, двуокиси углерода, влажосодержание, тангенс дельта. В докладе также отмечается, что при вычислении степени надёжности (то есть количества отказов в день) в качестве индикаторов используются результаты ХАРГ.

Новые возможности открываются при регистрации предельно малых концентраций газов. Дело в том, что газообразование в изоляционных жидкостях и в комбинированной маслопропитанной изоляции при различных видах энергетического воздействия имеют некоторые особенности: удельное газообразование в трансформаторном масле при начальных частичных разрядах почти на порядок превышает удельное газообразование при частичных разрядах, развивающихся в газовых пузырьках для одного и того же типа трансформаторного масла. Кроме того, газообразование возможно в результате химического взаимодействия материалов, например, компонентов кварцевого песка или «сопутствующих» материалов, которые могут попасть в высоковольтное оборудование вследствие особенностей технологического процесса их изготовления. Установлено [3], например, что при приемо-сдаточных испытаниях решающим признаком необратимого разрушения изоляции конденсаторов является образование C_2H_2 , а в эксплуатации - CO и CO_2 .

Экспериментальные исследования [4] подтверждают существование зародышей микропузырьков микронных и субмикронных размеров в трансформаторном масле. Количество микропузырьков в трансформаторном масле в значительной степени зависит от наличия механических загрязнений.

Комплексный анализ процессов установления газового равновесия в высоковольтном маслonaполненном оборудовании позволяет сделать вывод о возможности создания методики оценки технического состояния и составления прогноза о работоспособности оборудования по значениям малых и предельно малых концентраций растворенных газов [5].

В настоящее время ведущим методом определения малых и предельно малых концентраций газов является метод CRDS (Cavity Ring Down Laser Spectroscopy). Лазерные спектрометры, основанные на принципе CRDS (затухающего импульса лазерного излучения в резонаторе) обеспечивают измерение разнообразных газов, в том числе в труднодоступных местах и в экстремальных условиях.

В России разработаны и изготавливаются CRDS – спектрометры, обеспечивающие измерение малых и предельно малых концентраций газов- от 0,5 до 1000 (ppm). Эти приборы предполагают использование наноградиентных тонкопленочных оптоэлектронных резонаторных систем на основе метаматериалов. За рубежом наиболее современными разработками контроля по значениям предельно малых концентраций газов являются техномаркеры компании General Electric, такие как TRANSFIX, MULTITRANS, MINITRANS, TAPTRANS, работающие на основе фотоакустической стереоскопии [6]. Приборами на основе данного эффекта достигаются измерения концентраций газов в следующих диапазонах (таб. 4).

Таблица 4. Пределы измерений концентрации газов на основе метода фотоакустической стереоскопии

Газ	Наименьший предел измерений, ppm
CO (угарный газ)	<1
CH_4 (метан)	<1
CO_2 (углекислый газ)	<1
C_2H_4 (этилен)	<1
C_2H_6 (этан)	<1
C_2H_2 (ацетилен)	<0,2

На основе изложенных данных можно прийти к заключению, что проблема анализа состояния трансформаторов путём анализа концентрации газов в масле является актуальной темой для исследования на сегодняшний день. Приоритетным направлением в нём

может стать использование наногradientных тонкопленочных оптоэлектронных резонаторных систем на основе метаматериалов для регистрации изменения концентрации малых и предельно малых концентраций газов.

Литература

1. Дробышевский А. А. СИГРЭ. Исследовательский комитет SC A2 «Трансформаторы» // Энергия единой сети. – 2013. – №1. – С.58-67.
2. Кашапов Р. Н., Коршунова С. П., Малышева Л. Н. Диагностика маслonaполненного оборудования при переходе к ремонту по техническому состоянию [Электронный ресурс] URL: <http://www.transform.ru/articles/html/07repair/rep00018.article> (дата обращения 11.09.2014).
3. Алексеев Б. А. Оценка состояния силовых трансформаторов. Интерпретация результатов газохроматографического анализа масла // ЭЛЕКТРО. – 2002. - №2. – С.10-16.
4. Дарьян Л.А. Исследование процесса образования газообразных продуктов разложения изоляции в высоковольтных импульсных конденсаторах при проведении ресурсных испытаний / Л.А. Дарьян // Электротехника.-2000,- № 9.- С. 30-36.
5. Дарьян Л.А., Дрозжин А.П., Коробейников С.М., Тесленко В.С., Аникеева М.А. // Письма ЖТФ. -2008,-т.34, № 17, С.88-94..
6. The Transition to Next-Generation Online DGA Monitoring Technologies Utilizing Photo-Acoustic Spectroscopy // The Grid Modernization Journal. – 2013. - №11. – С.28-35 URL: <https://www.gedigitalenergy.com/multilin/journals/>

References

1. Drobyshevskij A. A. SIGRJe. Issledovatel'skij komitet SC A2 «Transformatory» // Jenergija edinoj seti. – 2013. – №1. – S.58-67.
2. Kashapov R. N., Korshunova S. P., Malysheva L. N. Diagnostika maslonapolnennogo oborudovaniya pri perehode k remontu po tehničeskomu sostojaniju [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.transform.ru/articles/html/07repair/rep00018.article> (data obrashheniya 11.09.2014).
3. Alekseev B. A. Ocenka sostojanija silovyh transformatorov. Interpretacija rezul'tatov gazohromatograficheskogo analiza masla // JeLEKTRO. – 2002. - №2. – S.10-16.
4. Dar'jan L.A. Issledovanie processa obrazovaniya gazoobraznyh produktov razlozheniya izoljacji v vysokovol'tnyh impul'snyh kondensatorah pri provedenii resursnyh ispytanij / L.A. Dar'jan // Jelektrotehnika.-2000,- № 9.- S. 30-36.
5. Dar'jan L.A., Drozhzhin A.P., Korobejnikov S.M., Teslenko B.C., Anikeeva M.A. // Pis'ma ZhTF. -2008,-t.34, № 17, S.88-94..
6. The Transition to Next-Generation Online DGA Monitoring Technologies Utilizing Photo-Acoustic Spectroscopy // The Grid Modernization Journal. – 2013. - №11. – S.28-35 URL: <https://www.gedigitalenergy.com/multilin/journals/>

Шамилов В. М¹, Эфендиева З. Дж², Гамашаева М. Дж³

¹Кандидат технических наук, Азербайджанская Нефтяная Компания, ²кандидат технических наук, доцент, Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия², ³младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»³

ИЗВЛЕЧЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ НАСЫЩЕННЫХ ПЕСКОВ

Аннотация

Проведено исследование нефтеотдачи истощенных пластов путем знакопеременного циклического воздействия на пластовые системы в призабойной зоне скважин. При остаточной нефти в количестве 20% применение предлагаемого способа позволит с каждой 1000 м³ нефтенасыщенной породы получить дополнительно более 100 т нефти.

Ключевые слова: битуминозных песков, истощенных нефтяных месторождений, замораживания, истощенных пластов извлечения углеводородов,

Shamilov V.M¹, Afandiyeva Z.J², Gamashaeva M.J²

¹Technical science associate, Azerbaijan State Oil Company, ²technical science associate, professor: Azerbaijan State Oil Academy, ³junior researcher, Institute Geotechnological problems of oil, gas and chemicals

RECOVERY OF HYDROCARBONS FROM SATURATED SANDS

Abstract

The study of oil depleted reservoirs by alternating cyclical impact on reservoir system in the borehole bottom. When residual oil in an amount of 20% of the application of the proposed method will allow each 1000 m³ oil saturated rocks to get the additional 100 t more oil.

Keywords: tar sands, depleted oil fields, freezing, extraction, depleted reservoirs of hydrocarbons,

Известно, что вязкость и значительные силы взаимодействия нефтяной пленки с частицей пористой среды требуют больших усилий для отмыва нефти традиционными методами вытеснения, в том числе и тепловыми.

Известен способ добычи углеводородов из битуминозных песчаников, который предусматривает наличие эксплуатационных и нагнетательных скважин [1].

Нагнетают через нагнетательную скважину пар до тех пор, пока он не будет выходить через эксплуатационные скважины. Затем нагнетают смесь пара и газа, содержащего кислород, при температуре смеси, соответствующей температуре насыщения пара при пластовом давлении. В результате этого в пласте осуществляется низкотемпературное окисление. Нагнетание смеси продолжается до тех пор, пока в пласт вместе с паром не будет введено оптимальное количество указанного газа в диапазоне 140-200 паровых объемов. После этого продолжают нагнетать чистый пар.

Недостатками известного способа являются большие тепловые потери через кровлю пласта, большие расходы вытесняющего агента, а также низкая эффективность способа в условиях значительных взаимосвязей между пленочной нефтью и поверхности породы. [2].

Цель работы является увеличение эффективности извлечения углеводородов из насыщенных песков путем воздействия на силы сцепления между жидкостью и поверхности породы.

Поставленная цель достигается путем знакопеременного термоциклического воздействия с обеспечением замораживания и оттаивания пластовой системы.

В этом способе система «углеводород-порода» уменьшаются в объеме. В связи с тем, что теплофизические константы углеводородов и породы резко отличаются друг от друга, и в результате большой разницы в степенях уменьшения объемов между пленочным углеводородом и частицей породы, углеводородная оболочка разрушается.

Другим составляющим эффекта является повышение хрупкости углеводородов с понижением температуры. При механическом воздействии на систему знакопеременное термоциклическое воздействие хрупкая углеводородная оболочка или пленка разрушается.

Третья составляющая эффекта связана с наличием в насыщенных песках остаточной воды. Содержание остаточной воды в углеводороде насыщенных песков достигает, как известно, до 10-12% объемов пар. При охлаждении такой системы остаточная вода находится, как правило, между нефтяной пленкой и поверхностью частицы породы и увеличивается в объеме.

Таким образом, охлаждение системы до минимальных температур обеспечивает:

а) углеводородная оболочка стремится к значительному уменьшению объема.

б) частицы породы уменьшаются незначительно

в) остаточная вода, замерзая резко, увеличивается в объеме.

Так как указанные процессы протекают одновременно, возникают чрезмерно высокие напряжения между углеводородной пленкой, льдом и поверхностью частицы породы, превышающие значения сил сцепления жидкости с твердой породой, жидкостная пленка разрушается.

Расслоение пленки углеводородов ускоряется в жидкостной среде:

- а) частицы породы осаждаются
- б) углеводородов всплывает

Наряду с теоретическими исследованиями проведены и экспериментальные работы. С этой целью собранная нами установка (рис.1) состоит из рабочей емкости с нефтенасыщенным песком (1), генератора холода (2), перекачивающих средств (3) и контрольно-измерительных приборов (4,5,6) Установка обладает надежной системой теплоизоляции (7).

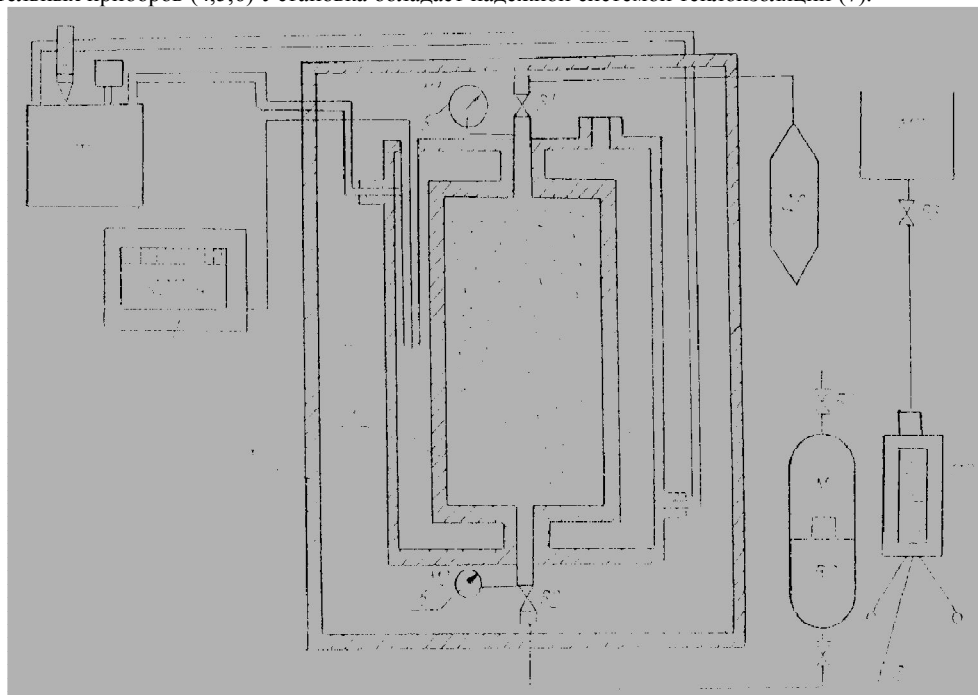


Рис.1 Способ извлечения углеводородов из насыщенных песков

Пористая среда составлена из нефтенасыщенных песков горы Кирмаки. Эти пески характеризуются сильно выраженными неньютоновскими свойствами нефтей и низкой нефтенасыщенностью (табл.1). [3,4,5].

Известно, что вода в пористой среде замерзает при более низких температурах, чем в атмосферных условиях. В отдельных случаях температура замерзания воды в пористой среде происходит при температуре до 223 К (против 273 К в атмосферных условиях).

В условиях Кирмакинских нефтенасыщенных песков значение температуры доходит до 263 К.

Таблица 1. Физические свойства образцов

№	Гранулометрический состав, %			Нефтеводонасыщенность	
	0,25	0,25-0,1	0,1	нефть	вода
1	2,9	14,6	79,5	4,7	14,2
2	9,2	22,9	67,9	10,8	12,2
3	16,2	23,2	60,6	27,0	9,1
4	2,9	17,6	79,5	4,7	14,2
5	9,2	22,9	69,9	10,8	12,2
6	16,2	23,2	60,6	17,0	9,1
7	5,6	26,1	69,2	23,0	16,2
8	5,3	18,9	75,8	28,1	20,0
9	11,4	15,6	73,0	20,5	41,6
10	12,6	20,8	66,6	18,0	17,5
11	7,6	19,0	73,4	7,9	16,0
12	8,0	23,6	78,4	30,1	9,6
13	8,1	23,6	68,4	5,8	26,3
14	2,2	19,3	68,5	18,1	14,9

Поэтому испытываемая пористая среда в течение 5 часов подвергалась замерзанию при температурах 248 ÷ 243 К, а затем производилось ее оттаивание при температурах 348 ÷ 353 К в течение 3-х часов (табл.2). Так как нефти Кирмакинской свиты относятся к труднообмываемым, то для них процесс замораживания и оттаивания повторяются, то есть создается цикличность процесса.

Таблица 2. Зависимость нефтеотдачи от количества циклов охлаждения и оттаивания

Температура охлаждения, К	Температура оттаивания, К	Время охлаждения, час	Время оттаивания, час	Количество циклов	Количество отмытой нефти, см ³	Нефтеотдача, %
248-243	348-353	5	3	8	27,6	34,5
248-243	348-353	5	3	16	40,4	50,0

После восьми (табл.3) и шестнадцати циклов (табл.4) замораживания-оттаивания производился, отмыв нефти. С увеличением количества циклов отмыв нефти растет. Как видно из рис. при двукратном увеличении цикла отмытая нефть составляет 40,4см³ против 27,6см³ эксперименты проводились до 99% обводнения пористой среды.

Таблица 3. Нефтеотдача при количестве циклов, равным 8

№	мин	мин	МПа	МПа	см ³	см ³	см ³	см ³	%	Количество циклов
1	70	70	12	6	95	95	9	9	19,1	8
2	26	96	12	6	78	173	7,5	16,5	20,0	
3	31	127	12	6	98	271	5,4	21,9	27,4	
4	31	158	12	6	98	369	3,1	25,0	31,2	
5	30	188	12	4	98	467	1,6	26,6	33,2	
6	30	218	12	3	98	565	1,0	27,6	34,5	
7	31	249	12	3	98	663	-	-	-	

Таблица 4. Нефтеотдача при количестве циклов, равным 16

№	мин	мин	МПа	МПа	см ³	см ³	см ³	см ³	%	Количество циклов
1	72	72	12	6	96	96	12	12	15	16
2	32	104	12	6	95	191	9,2	21,2	26,5	
3	32	136	12	6	98	289	7,4	28,6	35,7	
4	31	167	12	6	97	386	5,3	33,9	42,4	
5	30	197	12	4	96	482	3,1	37,0	45,2	
6	30	227	12	4	96	578	2,4	39,4	49,2	
7	27	254	12	3	96	674	1,0	40,4	50,0	
8	24	278	12	3	95	769	-	-	-	

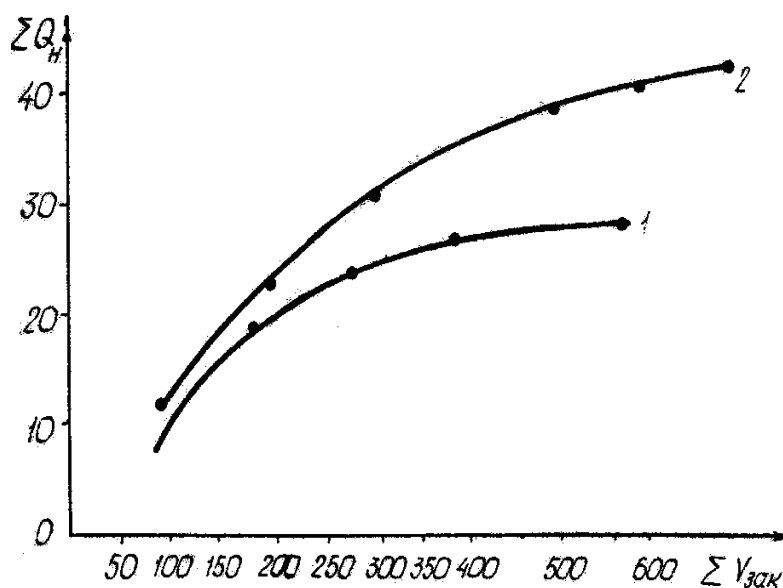


Рис. 1 Зависимость количества отмытой нефти от объема закачки 1 – при восьми циклах; 2 – при шестнадцати циклах

Как видно из рис.2 при почти одинаковом времени вытеснения и объеме закачки увеличение количества цикла в два раза, привело к увеличению нефтеотдачи от 34,5 до 50%.

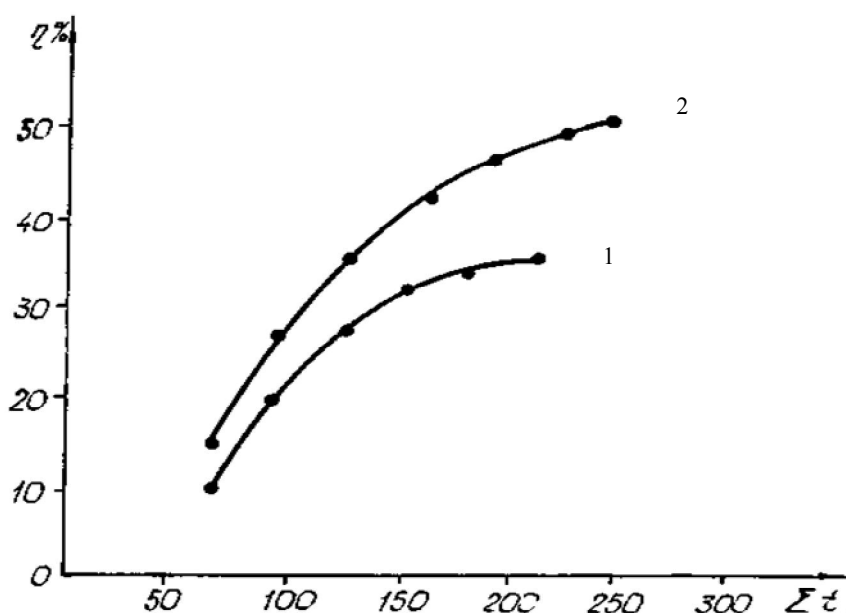


Рис. 2. Зависимость нефтеотдачи от количества цикла вытеснения 1 – при восьми циклах; 2 – при шестнадцати циклах

Таким образом, при остаточной нефти в количестве 20% применение предлагаемого способа позволит с каждых 1000м³ нефтенасыщенной породы получить дополнительно, более 100 тонн нефти.

Исследования проведены по оценки современного состояния битуминозных песков и истощенных нефтяных месторождений Апшеронского полуострова с целью разработки эффективных методов для увеличения их нефтедачи.

Литература

1. Патент США № 4046195 E21B42/24
2. Гробштейн С.Р. Разработка технологий основы извлечения углеводородов из битуминозных песков гор Кирмаки АзНИПИНефть № 1978
3. Эфендиева З.Дж, Исмаилов Г.Г, Мурадов М.М. Эко-геодинамические аспекты и некоторые перспективы открытой геотехнологии разработки «истощенных» нефтяных залежей Азербайджана. Современные проблемы механики. Международная научно-техническая конференция Самарканд. 2007.
4. Эфендиева З.Дж, Шамилов В.М. Гамашаева М.Дж. Перспективы открытой геотехнологии разработки старых нефтяных месторождений Азербайджана. Проблемы недропользования Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Геоэкология и Геоэкономика. Екатеринбург 2011.

References

1. Patent USA № 4046195 E21V42/24
2. Grobshstein S.R. Razrabotka tehnologij osnovy izvlecheniya uglevo- dorodov iz bituminoznych peskov gor Kirmaki AzNIPINeft' № 1978
3. Jefendieva Z.Dzh, Ismajylov G.G, Muradov M.M. Jeko-geodina- micheskie aspekty i nekotorye perspektivy otkrytoj geotehnologii razrabotki «istoshennyh» nefjtjanyh zalezhej Azerbajdzhana. Sovremennnye problemy mehaniki. Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija Samarkand. 2007.
4. Jefendieva Z.Dzh, Shamilov V.M. Gamashaeva M.Dzh. Perspektivy otkrytoj geotehnologii razrabotki staryh nefjtjanyh mestorozhdenij Azerbajdzhana. Problemy nedropol'zovaniya Materialy V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Geojekologija i Geojekonomika. Ekaterinburg 2011.

Ямалтдинов А.А.¹, Рябчиков А.Ю.², Сахнин Ю.А.³

¹ Аспирант; ² д.т.н., Уральский Федеральный Университет; ³ начальник отдела ЗАО «Уральский турбинный завод».

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ВЫХЛОПНОГО ПАТРУБКА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ Т-125/150-12,8 ЗАО «УТЗ»

Аннотация

Рассмотрена методика расчета на прочность и жесткость выхлопных патрубков цилиндров низкого давления паровых турбин. Приведен пример расчета применительно к вновь разрабатываемому выхлопному патрубку теплофикационной турбины Т-125/150-12,8 ЗАО «УТЗ». Использование данной методики позволяет получить надежную конструкцию выхлопного патрубка, снизив при этом его металлоемкость и трудоемкость изготовления.

Ключевые слова: паровая турбина, выхлопной патрубок, расчет.

Yamaltdinov A.A.¹; Ryabchikov A.Y.²; Sahnin Y.A.³

¹ Postgraduate student; ² Doctor of technical sciences, Ural Federal University; ³ chief of department "Ural turbine works".

CALCULATION OF THE STRENGTH AND STIFFNESS OF THE EXHAUST HOOD OF STEAM TURBINE T-125/150-12.8 JSC "UTZ"

Abstract

The technique is considered on the strength and stiffness of the low pressure exhaust hoods of steam turbines. Shows the example of calculation with respect to the newly developed exhaust hood for cogeneration turbine T-125/150-12.8 "UTZ". Using this technique allows to get a reliable design of the exhaust hood, with reducing its metal consumption and laboriousness.

Keywords: steam turbine, exhaust hood, calculation.

Выхлопные патрубки цилиндров низкого давления обеспечивают отвод рабочего тела от лопатки последней ступени к горловине конденсатора и являются конечным элементом проточной части паровой турбины [1]. Пример системы выхлопных патрубков двухпоточного цилиндра низкого давления турбин серии Т-100 представлен на рис. 1.

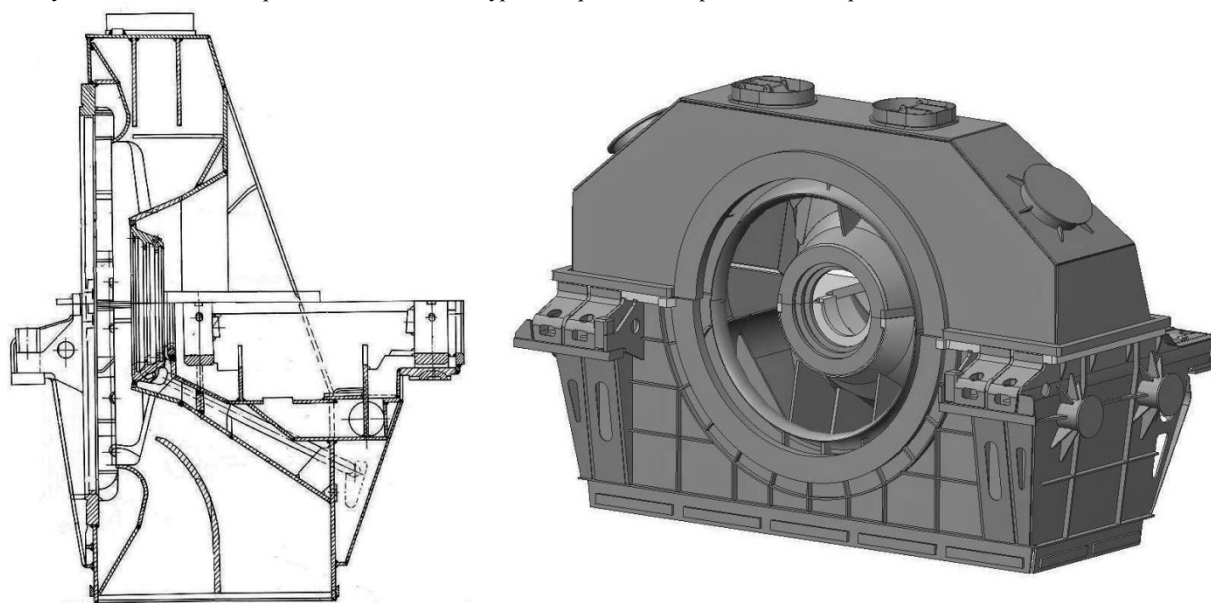


Рис.1 – Система выхлопных патрубков турбин серии Т-100

Выхлопной патрубок должен [2]:

- 1) Обеспечивать отвод рабочего тела из паровой турбины в заданном направлении с минимальными аэродинамическими потерями.

- 2) Обеспечивать равномерное поле давлений за последней ступенью, т.е. обладать одинаковым гидравлическим сопротивлением по всем направлениям, отводящим рабочее тело к выходному сечению.
- 3) Иметь равномерное поле скоростей на выходе.
- 4) Во всех режимах работы обеспечивать стационарный устойчивый характер течения.
- 5) Обладать высокой жесткостью.
- 6) Иметь приемлемые конструктивные габариты.

В рамках, существующей конкурентной борьбы между турбостроительными заводами, выхлопной патрубок так же должен обладать низкой металлоемкостью и трудоемкостью при изготовлении, что обеспечит его меньшую стоимость и соответственно большую привлекательность для Заказчика.

На патрубки действуют различные весовые нагрузки: собственный вес, вес средней части ЦНД или цилиндра среднего давления (ЦСД) в случае двухпоточной конструкции, вес конденсатора, ротора турбины и генератора, а также нагрузки от вибрации ротора и давления внутри патрубка.

В связи с этим расчет выхлопного патрубка представляется чрезвычайно громоздким и сложным.

Традиционно, для определения прочности и жесткости выхлопных патрубков применялись экспериментальные методы исследования [1]. С развитием средств вычислительной техники, появилась возможность рассчитывать сложные сварные конструкции методом конечных элементов (МКЭ).

Неоправданная конструктивная и технологическая сложность выхлопного патрубка цилиндра низкого давления турбин серии Т-100 привела к необходимости разработать для новой модификации этой турбины (Т-125/150-12,8), выхлопной патрубок конструктивно и технологически более простой, сохранив при этом его высокую надежность и экономичность.

Данная задача решалась МКЭ в следующей последовательности:

1. **Построение твердотельной модели исходного выхлопного патрубка** (Рис. 2). Твердотельная модель строилась в программном комплексе Creo Parametric 2.0. Геометрия модели конструкции закладывалась максимально пригодной для МКЭ, с учетом всех параметров, которые могут оказать существенное влияние на результаты расчетов. Учитывая, что выхлопные патрубки правого и левого потоков являются симметричными, для расчета строился выхлопной патрубок только одного потока. Помимо построения геометрии, так же задавались физические параметры материала. В качестве материала задана углеродистая сталь, используемая для изготовления выхлопных патрубков турбин.

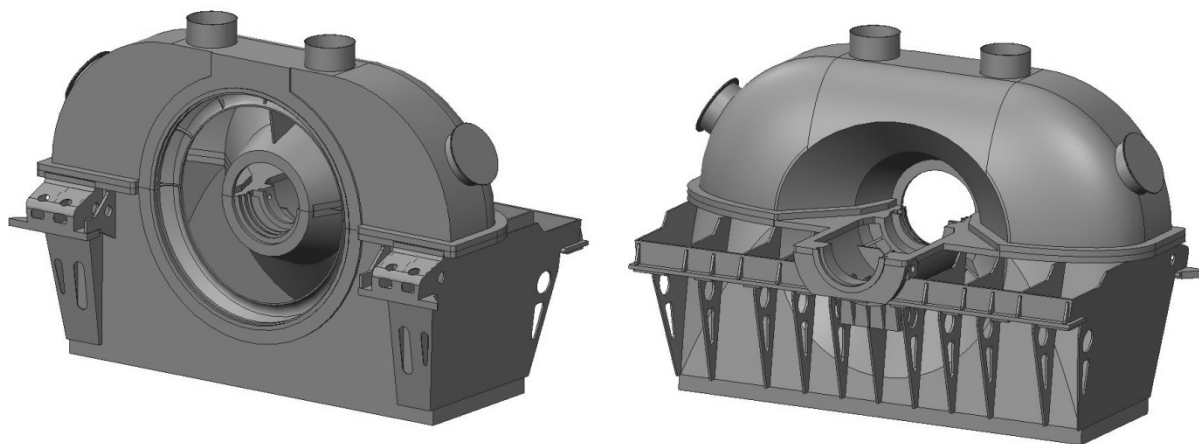


Рис. 2 – Твердотельная модель выхлопного патрубка турбины Т-125

На данном этапе в конструкции выхлопного патрубка было предложено модернизировать следующий элемент - задней торцевой стенке верхней половины патрубка придать эллиптическую форму. Данное решение позволяет получить равнопрочную торцевую стенку, практически не подверженную деформации и значительно упростить технологическую цепочку изготовления выхлопного патрубка, т.к. эллиптическая торцевая стенка будет сформирована путем резки единого штампованного эллиптического днища.

2. **Создание сетки конечных элементов.** Сетка конечных элементов строилась с использованием программного комплекса Ansys Mechanical 14.5. На этой стадии выбиралось оптимальное количество элементов и узловых точек с целью получения максимально возможного количества областей с регулярной сеткой. Сетка строилась с использованием функции «curvature» и содержала 1-1,2 млн. элементов и 1,5-1,8 млн. узлов.

3. **Задание нагрузок.** Этап задания нагрузок подразумевает наложение действия активных сил на модель выхлопного патрубка. Силы на данном этапе задаются, учитывая особенности реальной работы выхлопного патрубка на рассматриваемом режиме эксплуатации паровой турбины. При расчете, к выхлопному патрубку были приложены следующие нагрузки (Рис. 3):

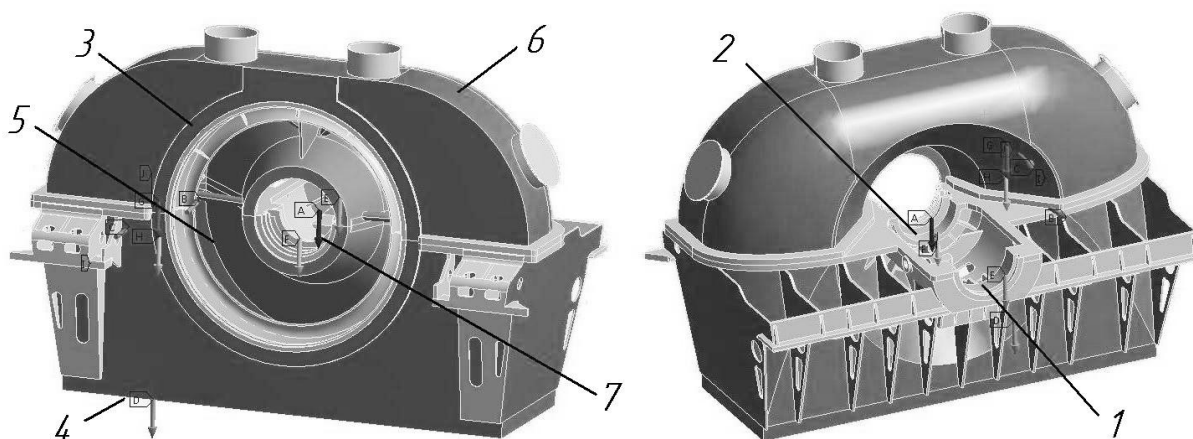


Рис. 3 – Система сил, действующих на выхлопной патрубок турбины Т-125/150-12,8

- сила, с которой ротор генератора действует на вкладыш подшипника выхлопного патрубка (поз. 1). Данная сила приложена к опорной поверхности вкладыша генератора;
- сила, с которой ротор низкого давления действует на вкладыш подшипника выхлопного патрубка (поз. 2). Данная сила приложена к опорной поверхности вкладыша ЦНД;
- сила, с которой средняя часть ЦНД и перепускные трубы действуют на фланец вертикального разъема выхлопного патрубка (поз. 3). Данная сила приложена ко всей поверхности вертикального фланца;
- сила, с которой конденсатор воздействует на выхлопной патрубок. Данная сила представляет собой вес конденсаторной группы, в рабочих условиях с полностью заполненным водяным пространством и заполненным конденсатом до верхнего допустимого уровня паровым пространством (поз. 4). Указанная сила приложена к нижнему горизонтальному разъему.
- сила, создаваемая давлением пара на внутреннюю поверхность выхлопного патрубка (поз. 5). Давление приложено ко всем внутренним поверхностям патрубка.
- атмосферное давление на внешнюю поверхность патрубка (поз. 6). Давление приложено ко всем наружным поверхностям патрубка.
- сила тяжести непосредственно выхлопного патрубка (поз. 7).

Кроме того, задано ограничение перемещения по лапам опирания на фундаментные рамы.

4. **Расчет и анализ полученных результатов.** Расчет проводился с помощью метода конечных элементов в программном комплексе Ansys Mechanical 14.5. По результатам расчета проводится анализ полученных данных путем преобразования полей законов распределения напряжений и деформаций в необходимые графические зависимости либо сводные таблицы.

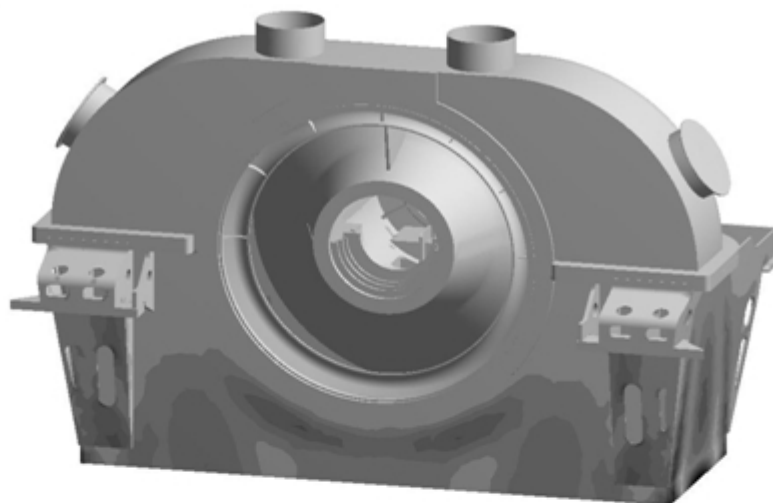
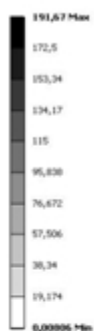
Прочность исходной конструкции отражает картина распределения эквивалентных напряжений (по Мизесу), представленная на рис. 4. Жесткость конструкции отражает картина распределения суммарных деформаций, представленная на рис. 5.

Зона максимальных напряжений и деформаций исходной конструкции выхлопного патрубка турбины Т-125/150-12,8 расположена в зоне нижнего разъема (в зоне приварки горловины конденсатора). Величина максимальных напряжений достигает 191,7 МПа, величина максимальных перемещений составляет 9,1 мм. Указанные величины являются недопустимыми по условиям надежности для вновь спроектированного выхлопного патрубка.

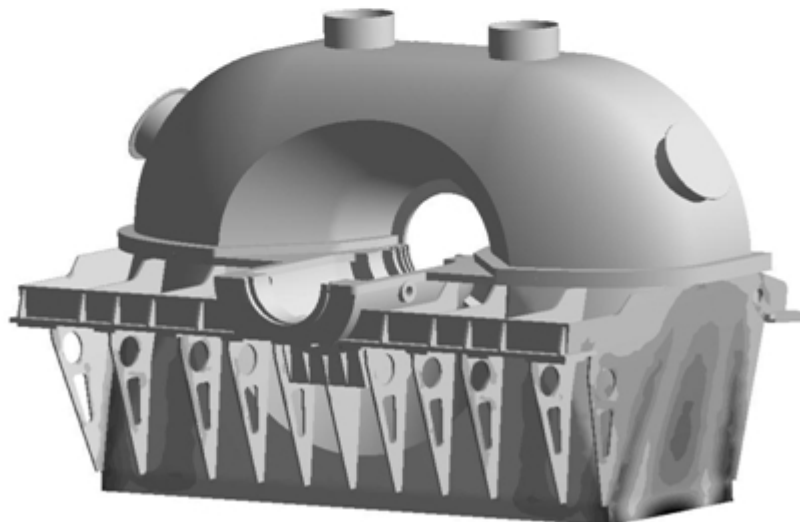
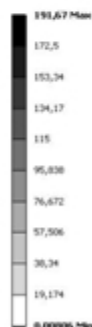
Это потребовало проведения следующего этапа модернизации выхлопного патрубка.

5. **Наполнение выхлопного патрубка стержневой и реберной системой.** С целью совершенствования конструкции выхлопных патрубков, в настоящее время, турбиностроительные заводы используют внутреннюю систему стяжек (стержней) вместо системы ребер, т.к. стержневая система круглых стяжек обладает меньшим аэродинамическим сопротивлением в неупорядоченном потоке пара. На основании этого, в проточную часть выхлопного патрубка внедрена развитая стержневая система в верхней и средней частях. Направляющие ребра установлены только в нижней части нижней половины патрубка. При этом количество ребер и каналов ими образованных в нижней половине было сведено к минимуму.

А) Выхлопной патрубок в сборе (пустой)
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
22.10.2014 17:36



А) Выхлопной патрубок в сборе (пустой)
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
22.10.2014 17:36



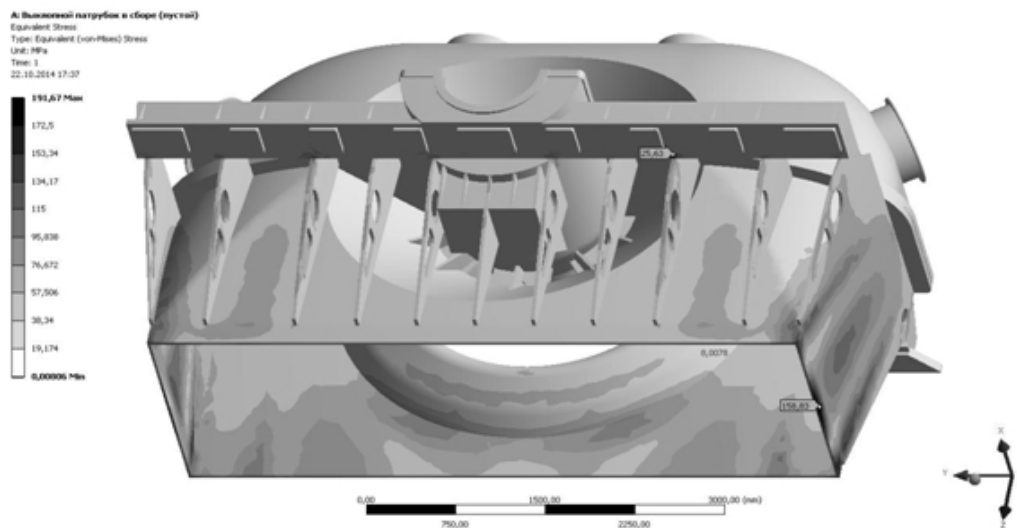


Рис. 4 – Распределение эквивалентных напряжений в выхлопном патрубке турбины Т-125/150-12,8

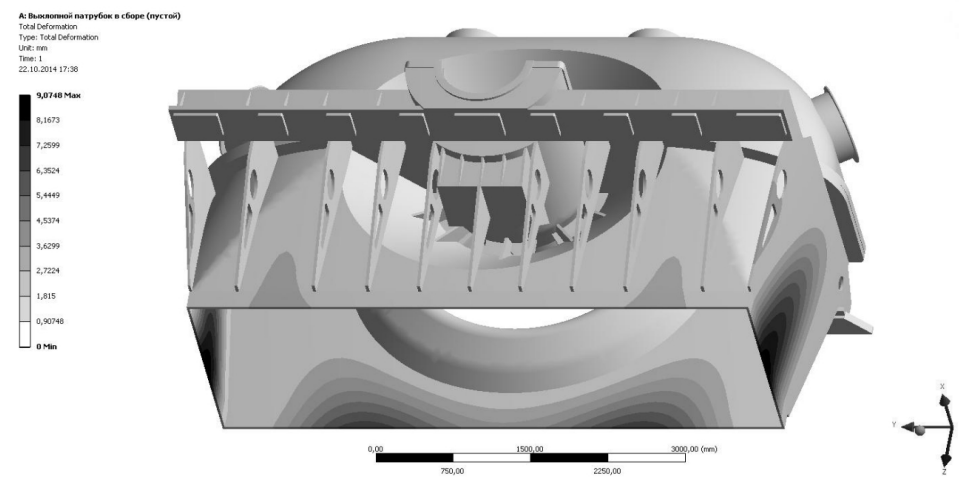
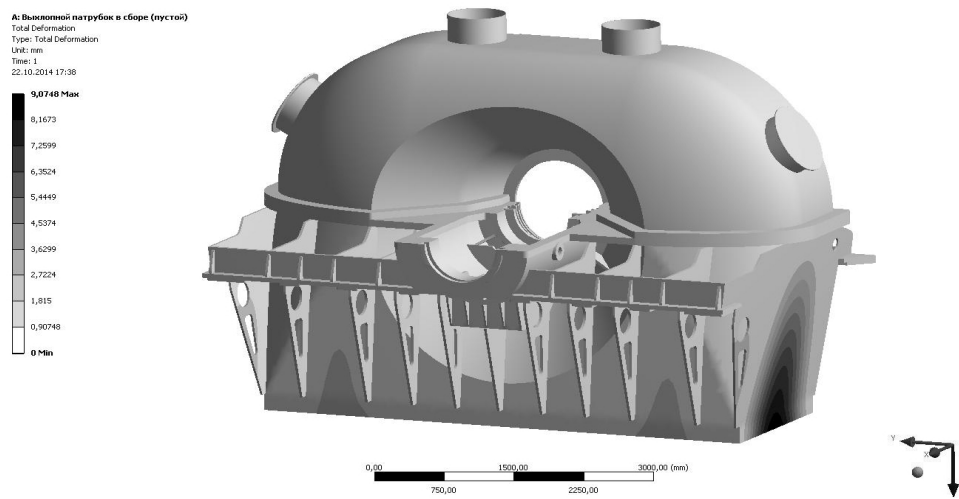
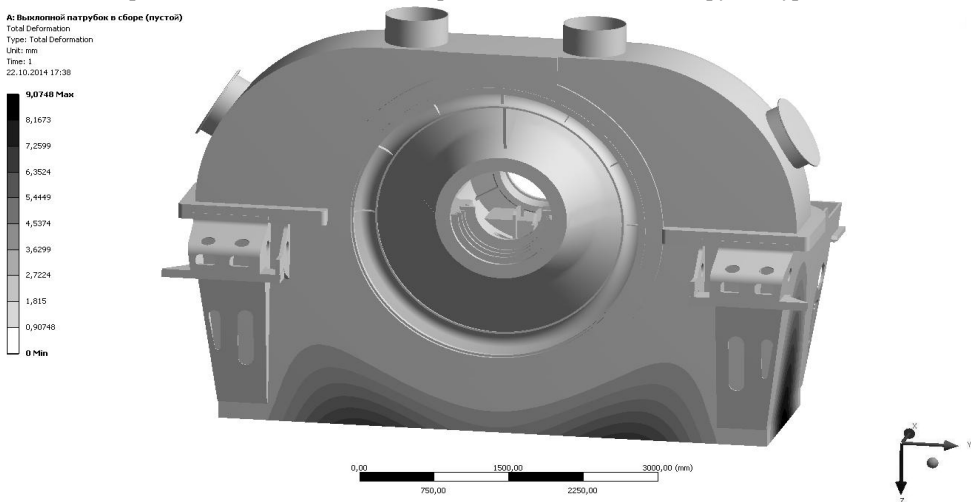


Рис. 5 – Распределение суммарных деформаций в выхлопном патрубке турбины Т-125/150-12,8

6. **Расчет новой конструкции выхлопного патрубка и анализ полученных результатов.** Распределение эквивалентных напряжений выхлопного патрубка с системой направляющих ребер и стержней представлено на рис. 6. Суммарные напряжения представлены на рис. 7.

Расчет выхлопного патрубка с установленной системой направляющих ребер и стержней показал более равномерное распределение напряжений и деформаций. Зона максимальных напряжений перешла из зоны нижнего разъема в область задних опорных лап (рис. 8). Средний уровень максимальных напряжений составляет 28-29 МПа. Указанная величина полностью удовлетворяет условиям прочности для сварных конструкций из листовой стали, тем самым обеспечивается выполнение условий надежности конструкции. Зона максимальных суммарных перемещений выхлопного патрубка с системой стержней и направляющих ребер расположена в той же области, что и в исходном (пустом) выхлопном патрубке, но стоит отметить, что величина максимальных суммарных перемещений снизилась до 1,6 мм.

Выводы. В результате проведенных расчетов на прочность и жесткость выхлопного патрубка цилиндра низкого давления вновь проектируемой теплофикационной турбины Т-125/150-12,8, по сравнению с серийным выхлопным патрубком турбин серии Т-100 удалось:

- Снизить величину максимальных эквивалентных напряжений в 6,6 раз (с 192 МПа до 29 МПа) и снизить величину общих деформаций в 5,6 раза (с 9,1 мм до 1,62 мм).
- Получить равнопрочную, удовлетворяющую условиям надежности, конструкцию выхлопного патрубка.
- Избавиться от системы внешнего оребрения патрубка.
- Снизить металлоемкость на 20 %. Серийный выхлопной патрубок турбины серии Т-100 весит 41 тонну, новый выхлопной патрубок для турбины Т-125/150-12,8 весит 32 тонны, а следовательно и трудоемкость его производства.

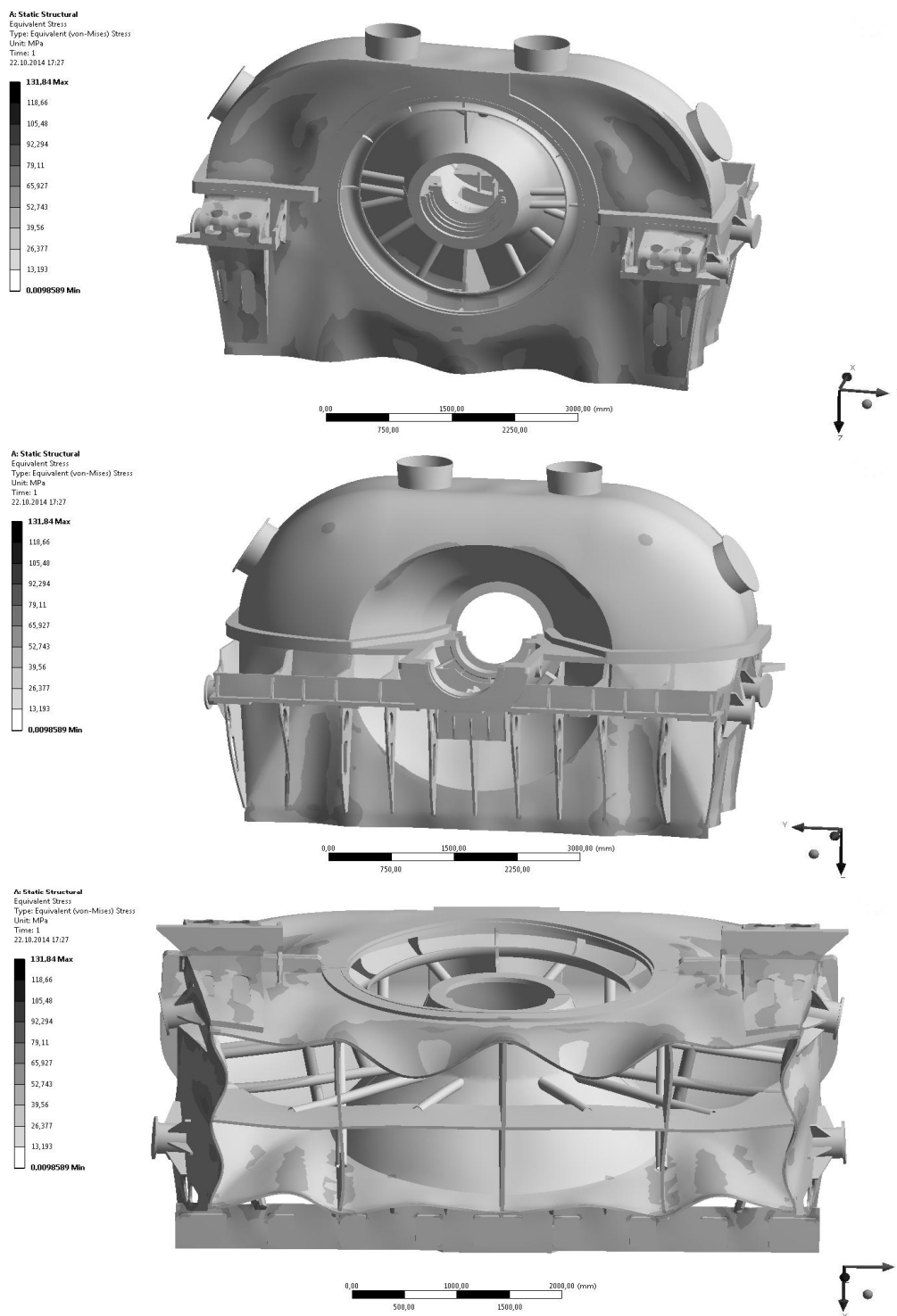


Рис. 6 - Распределение эквивалентных напряжений в выхлопном патрубке турбины Т-125/150-12,8 с установленной системой ребер и стержней.

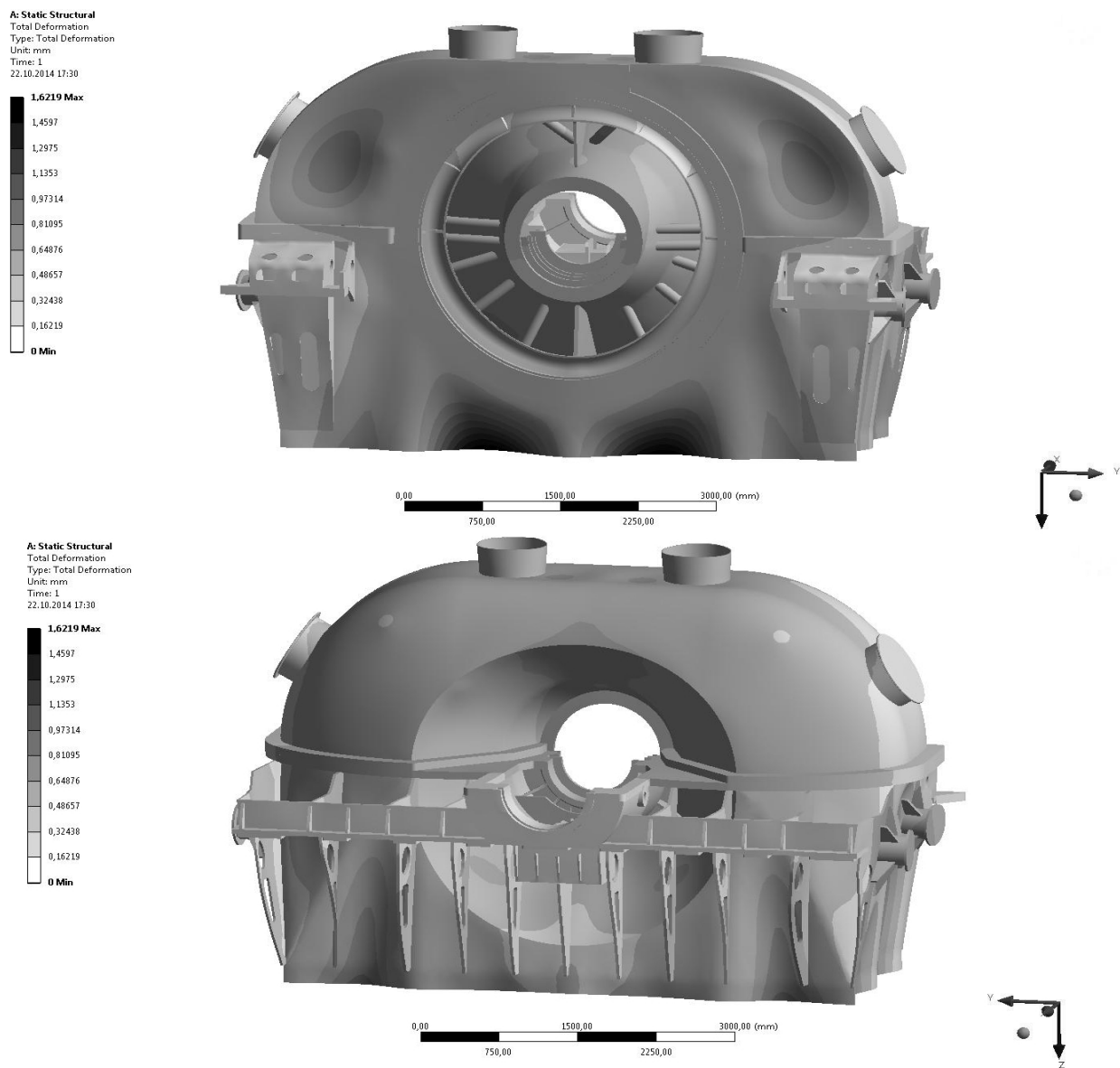


Рис. 7 - Распределение суммарных деформаций в выхлопном патрубке турбины Т-125/150-12,8 с установленной системой ребер и стержней.

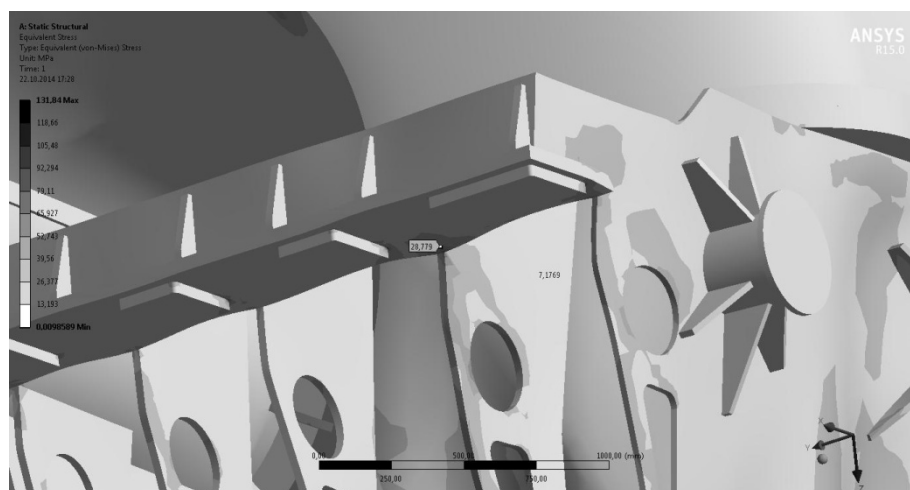


Рис. 8 – зона максимальных напряжений в области задних опорных лап выхлопного патрубка турбины Т-125/150-12,8

Литература

1. Зарянкин А.Е., Симонов Б.П. Выхлопные патрубки паровых и газовых турбин. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 274 с.
2. Дейч М.Е., Зарянкин А.Е. Газодинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин, М., «Энергия», 1970.

References

1. Zarjankin A.E., Simonov B.P. Vyhlopnnye patrubki parovyh i gazovyh turbin. – M.: Izdatel'stvo MJeI, 2002. – 274 s.
2. Dejch M.E., Zarjankin A.E. Gazodinamika diffuzorov i vyhlopnnyh patrubkov turbomashin, M., «Jenergiya», 1970.