ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.184.82

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КОНФУЗОРНОЙ ЧАСТИ ИНЕРЦИОННО-ВАКУУМНОГО ЗОЛОУЛОВИТЕЛЕ НА СТЕПЕНЬ УЛАВЛИВАНИЯ ЗОЛЫ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ

Белоглазов Владимир Петрович
Кандидат тех. наук, доцент, Омский государственный технический университет, г. Омск
Белоглазова Любовь Владимировна
Магистрант гр. ТПЭ-613, Омский государственный технический университет, г. Омск
Архипов Иван Андреевич
Магистрант гр. ТПЭ-613, Омский государственный технический университет, г. Омск
Марцин Сергей Александрович
Магистрант гр. ТПЭ-613, Омский государственный технический университет, г. Омск

THE INFLUENCE OF THE GEOMETRY OF THE CONVERGENT PART OF THE INERTIAL-VACUUM DUST ARRESTERS ON THE DEGREE OF COAL ASH COLLECTION EKIBASTUZSKY
V. P. Beloglazov, L. V. Beloglazova, I.A. Arkhipov, S.A. Martsin.

АННОТАЦИЯ

Целью этой статьи является анализ результатов численного эксперимента по определению оптимального сечения для прохода запыленного газового потока на выходе из конфузорной части ИВЗУ. Для этого была разработана геометрическая модель в SolidWorks и просчитано поведение потока в программе ANSYS CFX. В статье приведена проблема актуальности, граничные условия, визуально видно краевые и математические условия. Выводы прилагаются в конце статьи в виде результатов исследования.

Ключевые слова: инерционно-вакуумный золоуловитель, зола, скорость, высокий кпд.

ABSTRACT

The purpose of this article is analyzing the results of the numerical experiment to determine the optimal cross section for the passage of dust-laden gas stream at the exit of the ash-collector convergent part. For this purpose we developed a geometric model in SolidWorks and counted the flow behavior in the program ANSYS CFX. The article presents the problem of relevance, the boundary conditions can be seen visually and mathematical boundary conditions. Conclusions are included at the end of the article in the form of research results.

Keywords: vacuum-inertial ash collector, ash, speed, high efficiency.

ИВЗУ (инерционно-вакуумный золоуловитель) [1] принят в качестве образца для аппаратов золоулавливания либо в комплексе с электрофильтром или (в случае достижения устойчивой работы и кпд не ниже 99,5%) в качестве самостоятельного устройства для обеспечения экологически чистых выбросов из газоходов промышленных котлов для ИНТЕР РАО ЕС России. Получив гарантию устойчивой и эффективной работы ИВЗУ можно, в дальнейшем, избавиться от электрофильтров, что даст существенную экономию материальных средств, особенно в период эксплуатации золоулавливающих установок т.к. с точки зрения ремонта ИВЗУ не требуют никаких материальных затрат, чего нельзя сказать об эксплуатации электрофильтров.

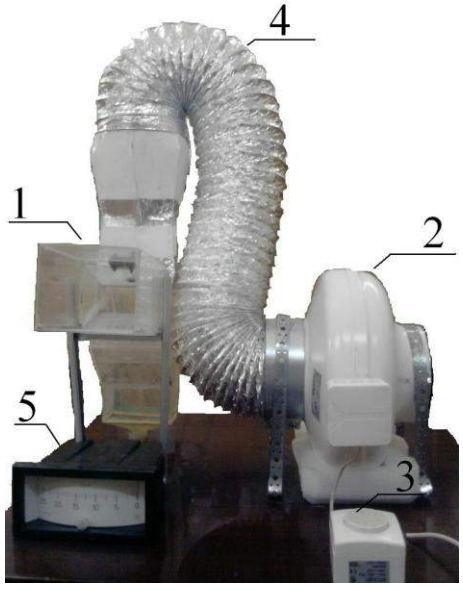


Рисунок 1. Экспериментальная установка

1 - Модель инерционно-вакуумного золоуловителя, изготовленная из оргстекла;
2 - Круглый канальный вентилятор SHUFT CF-160 S;
3 - Плавный регулятор скорости вентилятора MTY-0.5 M;
4 - Гибкий воздуховод;
5 - Тягонапоромер ТНМП – 52

Предлагается установка данных аппаратов на предприятиях Омского филиала ТГК-11 ТЭЦ-5 и ТЭЦ-4.

Поэтому задача доведения степени улавливания золы до величины не менее 99,5% является актуальнейшей.

На кафедре Теплоэнергетики ОмГТУ создана экспериментальная установка ИВЗУ (рис. 1) в которой определяется степень улавливания золы в зависимости от различных факторов. Получены результаты по степени улавливания золы экибастузского угля в ряде случаев не менее 99,5% [2-4].

В представленной работе описана математическая модель и граничные условия для течения запыленного потока при протекании его через аппарат ИВЗУ.

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho \omega)}{\partial z}=0,$$

Уравнения движения:

$$\rho u\frac{\partial u}{\partial x}+\rho v\frac{\partial u}{\partial y}+\rho \omega\frac{\partial u}{\partial z}=-\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}(\mu_\Sigma\frac{\partial u}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(\mu_\Sigma\frac{\partial u}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}(\mu_\Sigma\frac{\partial u}{\partial z}),$$

$$\rho u\frac{\partial v}{\partial x}+\rho v\frac{\partial v}{\partial y}+\rho \omega\frac{\partial v}{\partial z}=-\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial x}(\mu_\Sigma\frac{\partial v}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(\mu_\Sigma\frac{\partial v}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}(\mu_\Sigma\frac{\partial v}{\partial z}),\quad ,$$

$$\rho u\frac{\partial \omega}{\partial x}+\rho v\frac{\partial \omega}{\partial y}+\rho \omega\frac{\partial \omega}{\partial z}=-\frac{\partial p}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial x}(\mu_\Sigma\frac{\partial \omega}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(\mu_\Sigma\frac{\partial \omega}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}(\mu_\Sigma\frac{\partial \omega}{\partial z}),$$

Уравнения k-e модели:

$$\rho u\frac{\partial}{\partial x}(k)+\rho v\frac{\partial}{\partial y}(k)+\rho \omega\frac{\partial}{\partial z}(k)=\frac{\partial}{\partial x}(\mu_t\frac{\partial k}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(\mu_t\frac{\partial k}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}(\mu_t\frac{\partial k}{\partial z})+\mu_t D-\rho\varepsilon,$$

$$\rho u_x\frac{\partial}{\partial x}(\varepsilon)+\rho v\frac{\partial}{\partial y}(\varepsilon)+\rho \omega\frac{\partial}{\partial z}(\varepsilon)=\frac{\partial}{\partial x}(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial z})+C_{1\varepsilon}\mu_t\frac{\varepsilon}{k}D-C_2\rho\frac{\varepsilon^2}{k},$$

Уравнение для эффективной вязкости:

$$\mu_\Sigma=\mu+\mu_t,\ \mu_\Sigma=C_\mu\rho\frac{k^2}{\varepsilon},$$

Уравнение для частиц

Силы, действующие на частицу, которые влияют на её ускорение за счет разницы скоростей между частицей и жидкостью, а также перемещение жидкости с помощью частицы. Уравнение движения для такой частицы было получено Бассетом, Буссинеском и Озееном для вращающейся системе отсчета:

$$m_P\frac{dU_P}{dt}=F_D+F_B+F_R+F_{VM}+F_{BA}$$

Физический смысл сил, находящихся по правую сторону уравнения.

F_D - сила сопротивления, действующая на частицу.

F_B - выталкивающая сила земного притяжения.

F_R - силы, возникающие за счет вращения потока (центростремительная и сила Кориолиса).

F_{VM} - виртуальная (или добавочная) массовая сила. Это усилие, для того чтобы ускорить виртуальную массу жидкости в объеме, занимаемом частицами. Этот термин имеет важное значение, когда смещенная масса жидкости превышает массу частиц, например, в движении пузырьков. В данном случае равна нулю.

F_{BA} - сила Бассета или расчет той части, на долю которой приходится отклонение в структуре потока от стационарного состояния. Этот термин не применяется в CFX. Равна нулю в данном расчете.

В качестве газодинамической модели течения запыленных газов используется двухпараметрическая k-ε модель замыкания системы уравнений Навье-Стокса, алгоритм расчета которой реализован на хорошо зарекомендовавшем себя программном модуле ANSYS CFX.

В качестве граничных условий были выбраны теплофизические характеристики золы экибастузского угля при температуре потока 130 ºС.

Размеры взяты с оригинальной экспериментальной установки.

Учитывается гравитация, плотность дымовых газов 0,784 кг/м^3.

Известно, что скорости уходящих газов из котельного агрегата при стационарном режиме практически не меняются. Поэтому важно определить: какие проходные сечения в ИВЗУ будут соответствовать оптимальному значению К.П.Д. улавливания золы в установке. Для этого были проведены расчеты с различными конфигурациями проточной части конфузорного участка ИВЗУ.

Стационарный расчет. Теплопередача производится изотермично при 130°С.

Граничные условия на входе:

- Давление - 100000 Па [3], кинетическая энергия - 1 м^2/с^2, диссипация - 0,001 м^2/с^3, массовый расход - 0,0002 кг/с, распределение диаметров частиц от 5 мкр до 30 мкр;

Граничные условия на выходе [4]:

- Скорость 20 м/с [2];

- Стенка без проскальзывания, скорость на стенке 0 м/с, шероховатость стенки 0,001 м;

Составляющие потока дымовых газов: H_2O, CO_2, N_2, SO_2;

Зола: молярная масса 10 кг/кмоль, плотность 2800 кг/м^3.

Результаты численных исследований представлены на (рис. 2,4 табл. 1).

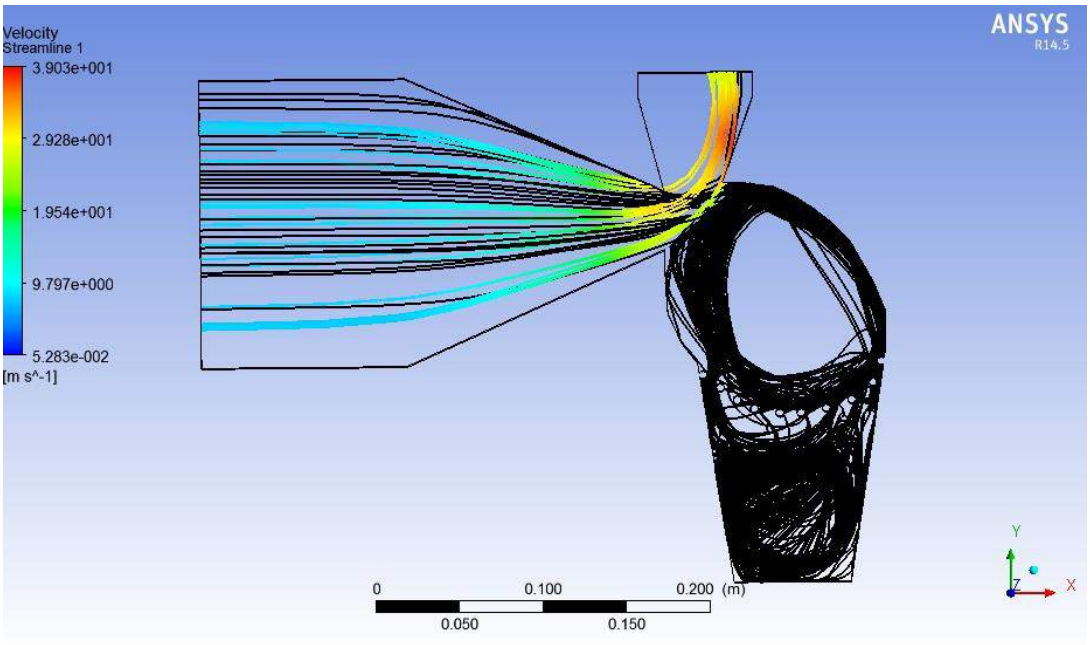


Рисунок 2. Расчет при сечении 35 мм

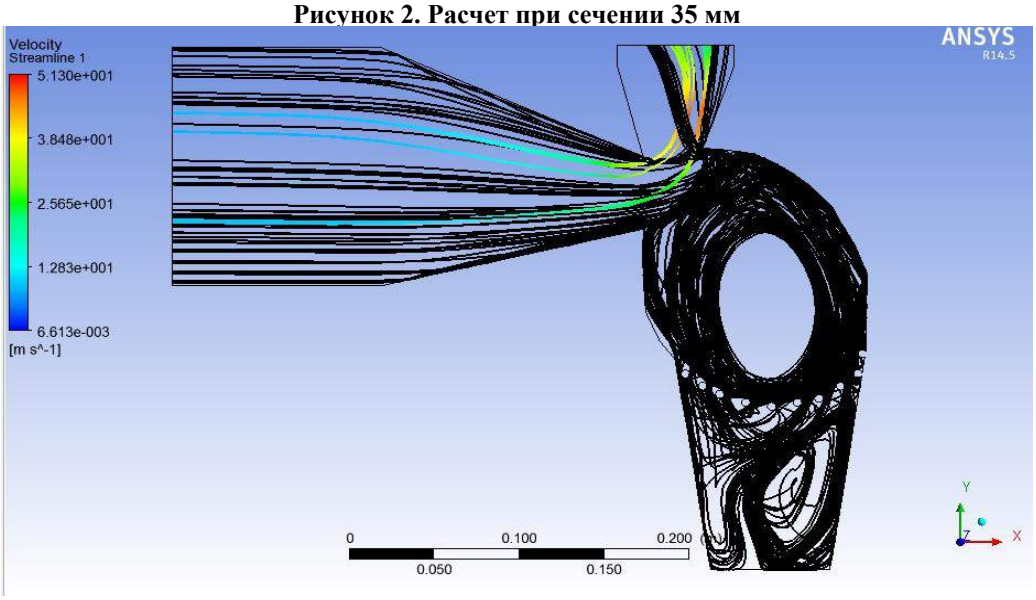


Рисунок 3. Расчет при сечении 45 мм

Таблица 1.

Изменение К.П.Д. в зависимости от выходного сечения конфузора

d, см	Расход частиц на входе	Расход частиц на выходе	КПД, %
14	0,000000435981	0,000000137100	68,55
21	0,000000430773	0,000000000212	99,95
28	0,000000427638	0,000000000754	99,82
29	0,000000428308	0,000000000251	99,94
30	0,000000401839	0,000000002318	99,42
31	0,000000423637	0,000000003553	99,16
32	0,000000428740	0,000000001526	99,64
33	0,000000428513	0,000000003251	99,24
34	0,000000428592	0,000000001799	99,58
35	0,000000410036	0,000000000543	99,87
36	0,000000427986	0,000000021688	94,93
40	0,000000446177	0,000000022504	94,96
45	0,000000426364	0,000000053420	87,47

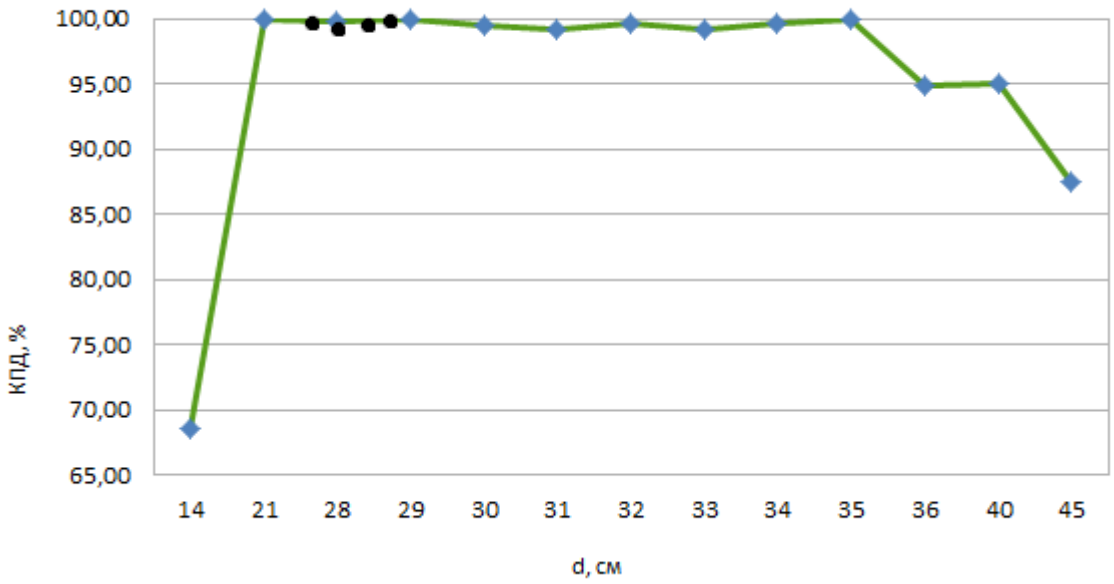


Рисунок 4. График изменения КПД улавливания в зависимости от выходного сечения конфузорного участка ИВЗУ. Чёрными точками обозначены результаты, полученные на экспериментальной установке

Как показывают численные расчеты в ряде случаев получены результаты кпд ИВЗУ не ниже указанных значений ИНТЕР РАО ЕС России, которые удовлетворительно корреспондируются с экспериментальными данными, полученными на натурной установке. Полученные результаты позволят спроектировать ИВЗУ для начений степени золоулавливания не меньше 99,5 %.

Устойчивость работы установки зависит от коррекции работы диффузорного участка на выходе ИВЗУ, что является следующим этапом работы.

Список литературы

1. Пат. 93298 Российская Федерация, МПК[7] B 01 D 45/06. Инерционно-вакуумный пылеуловитель / Белоглазов В.П. ; заявитель и патентообладатель ООО «Вихрь». – № 2009144229/22; заявл. 30.11.09; опубл. 27.04.10, Бюл. №12 – 6с.
2. Белоглазов В. П., Комаров М. В., Мозжегоров А. С., Петрищев А. А, Рафальский И. В. Влияние скорости дисперсного потока в конфузорном сечении инерционно-вакуумного пылеуловителя на степень улавливания частиц // Проблемы, перспективы и стратегические инициативы развития теплоэнергетического комплекса: матер. Междунар. науч.-практ. Конф. 10 июня 2011 г. / Под ред. В. В. Шалая, А. С. Ненишева, А. Г. Михайлова, Т. В. Новиковой. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 92-95 с.
3. Белоглазов В. П., Комаров М. В., Мозжегоров А. С., Петрищев А. А, Рафальский И. В. Влияние разряжения на степень улавливания золы экибастузского угля в пылевом бункере инерционно-вакуумного пылеуловителя // Проблемы, перспективы и стратегические инициативы развития теплоэнергетического комплекса: матер. Междунар. науч.-практ. Конф. 10 июня 2011 г. / Под ред. В. В. Шалая, А. С. Ненишева, А. Г. Михайлова, Т. В. Новиковой. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 141-145 с.
4. Белоглазов В. П., Комаров М. В., Мозжегоров А. С., Петрищев А. А, Рафальский И. В. Влияние выходных параметров в инерционно-вакуумном пылеуловителе на степень улавливания золы экибастузского угля // Проблемы, перспективы и стратегические инициативы развития теплоэнергетического комплекса: матер. Междунар. науч.-практ. Конф. 10 июня 2011 г. / Под ред. В. В. Шалая, А. С. Ненишева, А. Г. Михайлова, Т. В. Новиковой. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 244-248 с.

К ВОПРОСУ О СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ ИНФРАСТРУКТУР

Белозеров Валерий Владимирович
доцент, доктор технических наук, старший научный сотрудник Донского государственного технического университета, Ростов-на-Дону
Пащинская Виктория Владимировна,
старший дознаватель ГУ МВД России по Ростовской области,Ростов-на-Дону
Белозеров Владимир Валерьевич
Технический директор ООО «Тритарт», Ростов-на-Дону

TO THE QUESTION OF SYSTEMS OF SAFETY OF THE CITY INFRASTRUCTURES
Belozerov Valery Vladimirovich, Dr. Tech. Sci., senior research associate of the Don state technical university, Rostov-on-Don

Pashchinskaya Victoria Vladimirovna, Senior investigator of the Ministry of Internal Affairs of Russia across the Rostov region, Rostov-on-Don
Belozerov Vladimir Valeryevich, Technical director of JSC Tritart, Rostov-on-Don

АННОТАЦИЯ

В статье анализируется интегральная опасность городских инфраструктур. На основе системного анализа пожарной и дорожно-транспортной инфраструктур проведен системный синтез моделей синергетических средств управления административно-территориальными единицами с помощью функций производства энтропии.

ABSTRACT

In article integrated danger of city infrastructures is analyzed. On the basis of the system analysis of fire and road and transport infrastructures system synthesis of model of synergetic control facilities by administrative and territorial units by means of functions of production of entropy is carried out.

Ключевыеслова: интегральная опасность; синергетика; ситемный синтез; управление; производство энтропии.
Keywords: integrated danger; synergetrics; system synthesis; management; production of entropy.

Статистика свидетельствует, что ежегодно мировое сообщество несет тяжелейшие социально-экономические потери в городских инфраструктурах, созданных научно-техническим прогрессом [1,11,15,19,20]:

- в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) погибают от 250,0 до 900,0 тыс. человек и более 3,5 миллионов – травмируется;
- в пожарах погибает около 65,0 тыс. человек и более 300,0 тысяч - получают травмы различной степени тяжести,
- электрический ток поражает и травмирует около 0,01% населения планеты в год, т.е. около 700,0 тыс. человек.

По данным Всемирного банка реконструкции и развития, экономический ущерб от гибели индивида оценивается в 400,0 тыс. долларов, а травматизм - в 38,0 тыс. долларов. Следовательно, экономический ущерб от гибели и травматизма людей в городских инфраструктурах составляет около 250,0 млрд. долларов в год. Добавив к полученным потерям прямой и косвенный материальный ущерб от порчи и уничтожения транспортных средств, перевозимой продукции и сгоревших материальных ценностей, получим суммарные экономические потери в размере 1200,0 млрд. долларов в год [14,20].

Загрязнение окружающей среды продуктами горения при пожарах [14] и отходами дорожно-транспортных инфраструктур в городах [18], оказывает негативное влияние на иммунные системы и репродуктивность живых организмов, результатом снижения которых, стали повышенная заболеваемость, смертность и другие изменения состояния здоровья [23] и демографии населения [24], что наносит обществу социально-экономический ущерб, соизмеримый с указанным суммарным ущербом [6]. Таким образом, мировые социально-экономические потери в городских инфраструктурах составляют более 2,5 триллионов долларов в год, т.е. около 5 млн. долларов в минуту!

По данным ЮНЕСКО в Европе и России эти потери почти одинаковы и на них в сумме приходится пятая **часть указанных потерь**, которые нарастают из-за роста численности населения планеты и транспорта, из-за увеличения удельной энерговооруженности индивидов и пожарной нагрузки, из-за усиления влияния указанных факторов на атмосферу, гидросферу, геосферу, биосферу и техносферу городов, включая особенности их архитектур и несоответствия современным достижениям науки и техники - существующих систем управления городской инфраструктурой и обеспечения безопасности личности и общества [4].

В связи с тем, что существующие инфраструктуры городов трудно подвергнуть кардинальным изменениям, а человечество уже не может обходиться без транспортных систем и электроэнергии, закономерно возникают вопросы:

- в чем неадекватность существующих научных, правовых, экономических и технических мер создания, контроля и управления указанными инфраструктурами, если они практически уничтожают общественное воспроизводство, включая население и окружающую среду,

- и, если можно, то, как изменить создавшуюся ситуацию?

В последнее время в России, особенно после выхода в свет 184-ФЗ «О техническом регулировании», все чаще и чаще появляются публикации различного уровня (от статей в СМИ и научно-популярных журналах, до научных трудов и проектов) о создании систем комплексной безопасности, призванных изменить создавшуюся ситуацию. Однако, полная оторванность международных норм, 184-ФЗ и Технических регламентов от современных научных концепций и результатов исследований в области безопасности жизнедеятельности, порождают неправильный вектор создания таких систем, и приведенный ниже анализ, призван это показать.

Перед созданием систем безопасности городских инфраструктур, необходимо определить интегральную опасность или, как это стало модным в последнее время, оценить «риск проживания человека» в окружающей его среде. Для определения факторов поражения окружающей среды и создания адаптивной системы их компенсации, мы считаем более точными методы верятностно-физического и хроно-биокинетического моделирования объектов и субъектов [13,21]. При этом речь идет не только об оценке поражения людей, животных или отравлении водоемов и атмосферы (т.е. о биосфере и экологической безопасности), а о прогнозировании процессов деградации и самой техносферы также, т.е. о предотвращении, таким образом, прямых и косвенных материальных и социальных потерь во времени от "внезапных" отказов, которые приводят к авариям, пожарам и ДТП [4].

Только определив интегральную опасность воздействия окружающей среды и инфраструктуры на индивида, можно оценить уровень компенсации вреда (адаптации) индивида, после чего применить достаточные методы и средства защиты индивида и объектов, которые в совокупности и позволят синтезировать искомую систему интегральной безопасности.

Следует отметить, что указанная система в связи с этим, должна быть адаптивной (рис.1), т.е. динамические диапазоны методов и средств (глубина и многофункциональность) защиты должны быть адекватны - аддитивной опасности объекта и динамике адаптации субъекта, вероятность которых колеблется от 10^{-10} до 1 [4,11,12].

Дело в том, что статистика пожаров, транспортных происшествий и катастроф, аварий в топливно-энергетических комплексах и продуктопроводах, несчастных случаев на предприятиях и в жилом секторе, а также преступлений и конфликтов свидетельствует о том, что причины их порождающие взаимосвязаны с процессами, происходящими в атмосфере, на поверхности планеты и в её глубинах, т.е. с геофизическими, техногенными и социально-психологическими факторами жизнедеятельности, или по определению академика В.И.Вернадского - в ноосфере, где естественной мерой "порядка и хаоса" является ЭНТРОПИЯ [4,13,16,21].

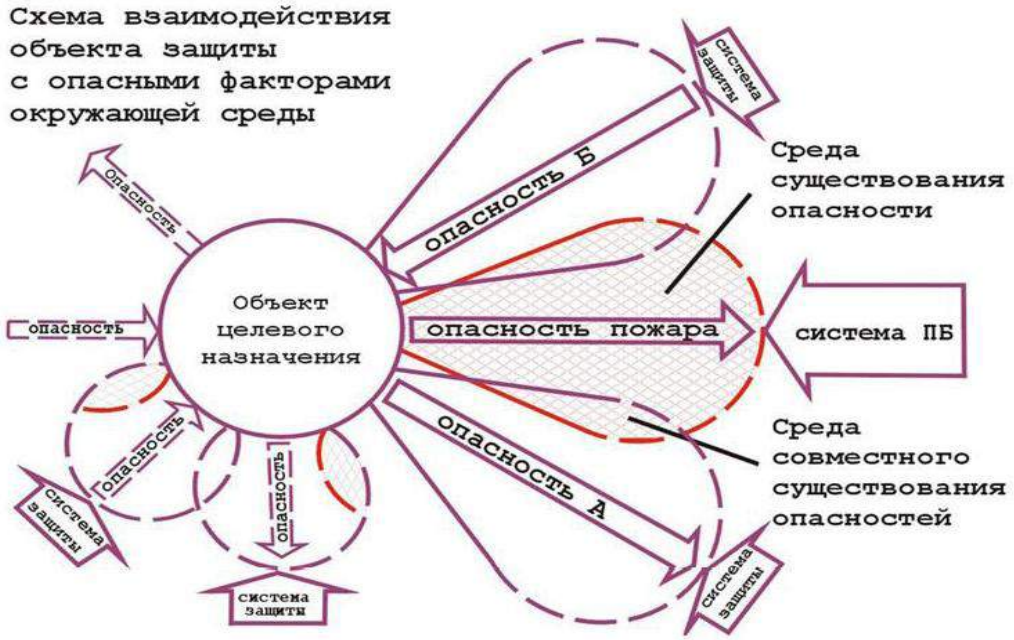


Рисунок 1. Интегральность опасностей и адаптивность систем защиты

Именно поэтому, оценка опасных факторов указанных событий и объектов, на наш взгляд, должна проводиться по интегральному критерию: поражению ноосферы – изменению её энтропии [4]. Однако и в этом случае укрупненная классификация видов опасностей и объектов целесообразна [13], т.к. причины деградации защитных свойств, отказов и аварий, являясь квазиоднородными для класса, позволяют положить в основу вероятностных моделей аналитические закономерности превалирующих геофизических, хронобиологических и физико-химических процессов [25], либо термодинамические параметры систем [17], чем снизить неопределенность и дисперсии оценок. Это особенно актуально для объектов (электростанций, продуктопроводов, гидро-геотехнических сооружений), имеющих высокие концентрации энергии ("удельную энергетическую плотность") в геоактивных системах локального уровня [26].

Синергетические модели ненадежности и пожарно-энергетического вреда

Результаты наших исследований показывают плодотворность вероятностно-физического подхода в решении проблем надежности и пожарной опасности материалов и изделий из них. Так, например, метод бароэлектротермоакустического (БЭТА) анализа и автоматизированная система диагностики и испытаний (АСДИ) веществ и материалов формирует «образ жизненного цикла» материалов в условиях эксплуатации. После чего можно распознать стадию «жизненного цикла» любого образца, изготовленного из испытанных материалов, в одном контрольном этапе, по его многопараметрической вектор-функции жизненного цикла (ВФЖЦ) - $F\ (P, T, m, \ell, \rho, \lambda, a, C_P, H, K, E, \beta, \nu, \sigma, \varepsilon, \mu, A, dNa/dt, \eta)$, изменения которой «свертываются» в функцию производства энтропии (ΔS_i) без потери данных о необратимых процессах, вплоть до разрушения или горения образца [5,7-9].

Это стало возможным путем совместных решений системы неравенств Семёнова, Зельдовича и уравнения Франц-Каменецкого (1) в точке воспламенения образца (*Твс*), полученных с учетом фактора формы ξ (отношения площади к объему), т.е. при Se=0,368, Fк=2,00 и Ze=Q/ξV, определяются: E_a и S - энергия активации и энтропия воспламенения образца (2), K – предэкспонент (3) и H - тепловой эффект реакции (4), после чего вычисляются энергии, теплоты и энтропии - E_{Di}, H_{Di} и S_{Di} всех стадий деструкции по формулам (1-4), при фиксации температур этих стадий [4]:

$$\begin{cases} \mathrm{Ze} = \sqrt{2\lambda_{\mathrm{B}} \dfrac{\mathrm{R}T_{П}^2}{E_a} H \cdot \mathrm{K} \cdot \exp \cdot \left(- \dfrac{E_a}{\mathrm{R}T_{\mathrm{П}}} \right)} \\ \mathrm{Se} = \dfrac{Q \cdot E_a}{\xi \cdot \alpha \cdot \mathrm{R}T_{П}^2} \cdot \mathrm{K} \cdot \exp \cdot \left(- \dfrac{E_a}{\mathrm{R}T_{\mathrm{ПО}}} \right) \\ \mathrm{F_K} = \dfrac{Q \cdot \ell^2 \cdot E_a}{\lambda_O \cdot \mathrm{R}T_{П}^2} \cdot \mathrm{K} \cdot \exp \cdot \left(- \dfrac{E_a}{\mathrm{R}T_{\mathrm{O}}} \right) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \mathrm{Ze} = \sqrt{2\lambda_{\mathrm{B}} \dfrac{\mathrm{R}T_{П}}{S} H \cdot \mathrm{K} \cdot \exp \cdot \left(- \dfrac{S}{\mathrm{R}} \right)} \\ \mathrm{Se} = \dfrac{Q \cdot S}{\xi \cdot \alpha \cdot \mathrm{R}T_{ПО}} \cdot \mathrm{K} \cdot \exp \cdot \left(- \dfrac{S}{\mathrm{R}} \right) \\ \mathrm{F_K} = \dfrac{Q \cdot \ell^2 \cdot S}{\lambda_O \cdot \mathrm{R}T_O} \cdot \mathrm{K} \cdot \exp \cdot \left(- \dfrac{S}{\mathrm{R}} \right) \end{cases}$$

$$E_{\mathrm{Di}} = \frac{RT_{ПО}T_O}{T_O - T_{ПО}} \cdot \ln \frac{2T_O^2}{0{,}368 \cdot \xi \cdot \ell \cdot T_{\mathrm{ПО}}^2 \cdot \mathrm{Bi}} \quad (2) \qquad S_{Di} = \frac{RT_{ПО}}{T_O - T_{ПО}} \ln \frac{2T_O^2}{0{,}368\xi\ell T_{\mathrm{ПО}}^2 \mathrm{Bi}}$$

$$K = \frac{0{,}368\xi\alpha T_{ПО}\left(T_O - T_{ПО}\right)}{QT_O \ln \dfrac{2T_O^2}{0{,}368 \cdot \xi \cdot \ell \cdot T_{\mathrm{ПО}}^2 \cdot \mathrm{Bi}}} \exp\left(\frac{T_O \ln \dfrac{2T_O^2}{0{,}368\xi\ell T_{\mathrm{ПО}}^2 \mathrm{Bi}}}{T_O - T_{ПО}} \right) \quad (3) \qquad K = \frac{0{,}368\xi\alpha RT_{ПО}^2}{QST_O^2} \exp\left(\frac{ST_O}{RT_{ПО}}\right)$$

$$H_{\mathrm{Di}} = \frac{Q^3 \cdot E_a^2 \rho^2}{0{,}736\lambda_B \xi^3 R^2 T_П^2 T_{ПО}^2 m^2 \alpha} \quad (4) \qquad H_{\mathrm{Di}} = \frac{Q^3 S^2 T_O^2 \rho^2}{0{,}736\lambda_B \xi^3 \alpha R^2 T_П^2 T_{ПО}^2 m^2}$$

По аналогии с выводом формул (1-4) было модифицировано основное уравнение теории надежности - Аррениуса-Эйринга [3], позволяющее получить из функции эффективной энергии активации отказов каждого электрорадиоэлемента (ЭРЭ) - E_a (H,T), функцию энтропии отказов – So (H,T):

$$\lambda = \mathrm{K}_{\mathrm{НТЦ}}\lambda_H \frac{\mathrm{k}T_O}{h} \cdot \exp \cdot \left(-\frac{S_O}{\mathrm{k}} \right) \cdot \exp \cdot \left[f(H) \right] \quad (5)$$

где λ- текущая интенсивность отказа элемента ЭРЭ; $K_{НТЦ}\cdot\lambda_Н$ – произведение коэффициента термоэлектроциклирования на номинальную интенсивность отказов ($\lambda_Н$); k - постоянная Больцмана; T - температура элемента; h - постоянная Планка; E_a- эффективная энергия активации отказа; f(H) - функция нетермической (энергетической) нагрузки.

Связующим звеном моделей надежности (5) и пожарной опасности (1-4) для ЭРЭ и электроприборов явилась *вероятностно-физическая модель дополнительного тепловыделения каждого элемента при пожароопасном отказе*, полученная в виде логнормальных функций распределения [3,4]:

$$F_Э(Q) = 1 - v_Э \cdot [1 - G_Э(z)], \qquad (Q>0) \quad (6)$$

где $v_Э$ - доля пожароопасных отказов среди всех отказов элементов данного типа в рассматриваемых условиях; $G_Э(z)$ - условная функция распределения (при возникновении пожароопасного отказа) случайной величины z = lg Q ЭРЭ (Q рассматривается как функция случайных аргументов I и t (R и t), исходя из общего выражения для "Джоулева тепла": $Q = \mathrm{k} \cdot U \cdot I \cdot t = \mathrm{k} \cdot U^2 \cdot t / R$).

Дополнительное тепловыделение пожароопасного отказа, нагревая материал элемента, воспламеняет его при переходе процессов деструкции и пиролиза в самоускоряющуюся фазу по критерию Семёнова (Se=0,368), или «зажигает соседа» по критериям Зельдовича и Франк-Каменецкого, если собственная температура воспламенения выше «соседней», а плотность теплового потока равна критической. Имитационная модель, реализующая это, позволяет, во-первых, определить интенсивности пожароопасных отказов элементов ($\lambda_{ПО}= \lambda_{Н.Т}\cdot v_Э$), во-вторых, вычислить интенсивности их воспламенений ($\lambda_B=\lambda_{ПО}\cdot F_Э$), в-третьих, зафиксировать критические теплоты каждого элемента - $Q_Э$, и в-четвертых, вычислить вероятности их воспламенений ($F_в$).

Расчеты по системе уравнений (1) и модели дополнительного тепловыделения (6) проводятся для каждого элемента пожарной нагрузки объекта и его «соседей», для чего необходима их топология, т.е. геоинформационная среда, а для вероятностной оценки «превращения воспламенения в пожар», используется функция «маятник события» (7), формирующая из топологии элементов пожарной нагрузки на объекте, т.е. из матрицы вероятностей воспламенений, «матрицу распространения огня» [3]:

$$U = \begin{cases} 1, \text{ если загорание произошло} \\ 0, \text{ если загорание не произошло} \end{cases} \quad (7)$$

Аналогичным образом предложено строить модель опасности «механических отказов», где критериями прочности и эксплуатационной устойчивости материалов и изделий из них являются модуль Юнга и критерий Пуассона, а также другие модели опасностей (электрическая, токсическая и т.д.), которые формируются из соответствующих «вектор-функций жизненного цикла» материалов и изделий из них [2,4,7,8].

Синергетическая модель дорожно-транспортно-экологического вреда

Системный анализ существующих дорожно-транспортных инфраструктур позволил синтезировать новые принципы их формирования, «отслеживающие» и минимизирующие увеличение энтропии в них, через функцию суммарного «производства энтропии» ($\Delta S=\sum\partial_i \mathrm{S}/\partial \mathrm{Y_j}\cdot \mathrm{dY_j}/\mathrm{dt}$), которая связана с вероятностью возникновения флуктуаций (по Пригожину), а в нашем случае с вероятностью «вреда» (дорожно-транспортного, экологического и т.д.), формулой Эйнштейна [6,11,13]:

$$P = \mathrm{B} \exp(\Delta S/\mathrm{k}), \quad (9)$$

где k – постоянная Больцмана, B – функция «вреда».

Указанный принцип «перевернул с головы на ноги» общепринятые подходы к формированию дорожно-транспортной инфраструктуры городов [22], т.к. оказалось, что дорожная структура, включая качество дорожных покрытий, не является главной - в причинах и последствиях дорожно-транспортных потерь ($S \to \min$, $\Delta S \to 0$, $P \to \mathrm{B}$).

Феноменологически это означает - при отсутствии транспорта, дороги – практически безопасны, а дорожно-транспортный вред (ДТВ) зависит [4]:

- от количества ($\partial_1 S/\partial N_j \cdot \mathrm{d}N_j/\mathrm{dt}$), скорости ($\partial_2 S/\partial V_j \cdot \mathrm{d}V_j/\mathrm{dt}$), веса ($\partial_3 \mathrm{S}/\partial P_j \cdot \mathrm{d}P_j/\mathrm{dt}$) и колесной формулы транспортных средств ($\partial_4 S/\partial J_j \cdot \mathrm{d}J_j/\mathrm{dt}$),

- от вида и количества расходуемого ими топлива ($\partial_5 S/\partial M_j \cdot dM_j/dt$ – через условную тонну топлива),

- от количества ($\partial_6 S/\partial n_j \cdot dn_j/dt$) и скорости передвижения пешеходов ($\partial_7 S/\partial v_j \cdot dv_j/dt$).

При этом из-за свойства аддитивности энтропии интенсивность ДТВ и вероятность социально-экономических потерь скачкообразно возрастают при нарушении равновесия в дорожно-транспортной инфраструктуре, т.е. при несоответствии кинетических параметров грузопассажирских и транспортно-пешеходных потоков - допустимым нагрузкам на дороги и прилегающие экосистемы.

С инженерно-технической точки зрения это означает, что безопасность передвижения должна определяться, во-первых, системой управления движением, если ее понимать, как управление соответствием и выполнением ограничений параметров дороги, прилегающей экосистемы, передвигающихся/стоящих автомобилей и пешеходов между собой, во-вторых, текущей опасностью каждого автомобиля, т.е. несоблюдением соответствия установленной скорости передвижения, загрузки, колесной формулы, вида и количества израсходованного топлива, из-за состояния автомобиля или водителя, и только в–третьих, структурой и текущей опасностью дороги, которые зависят от её размеров, эксплуатационной устойчивости (деградации покрытия) и изменений механических параметров из-за климатических факторов, описываемых в формуле (9) функцией *B* [6].

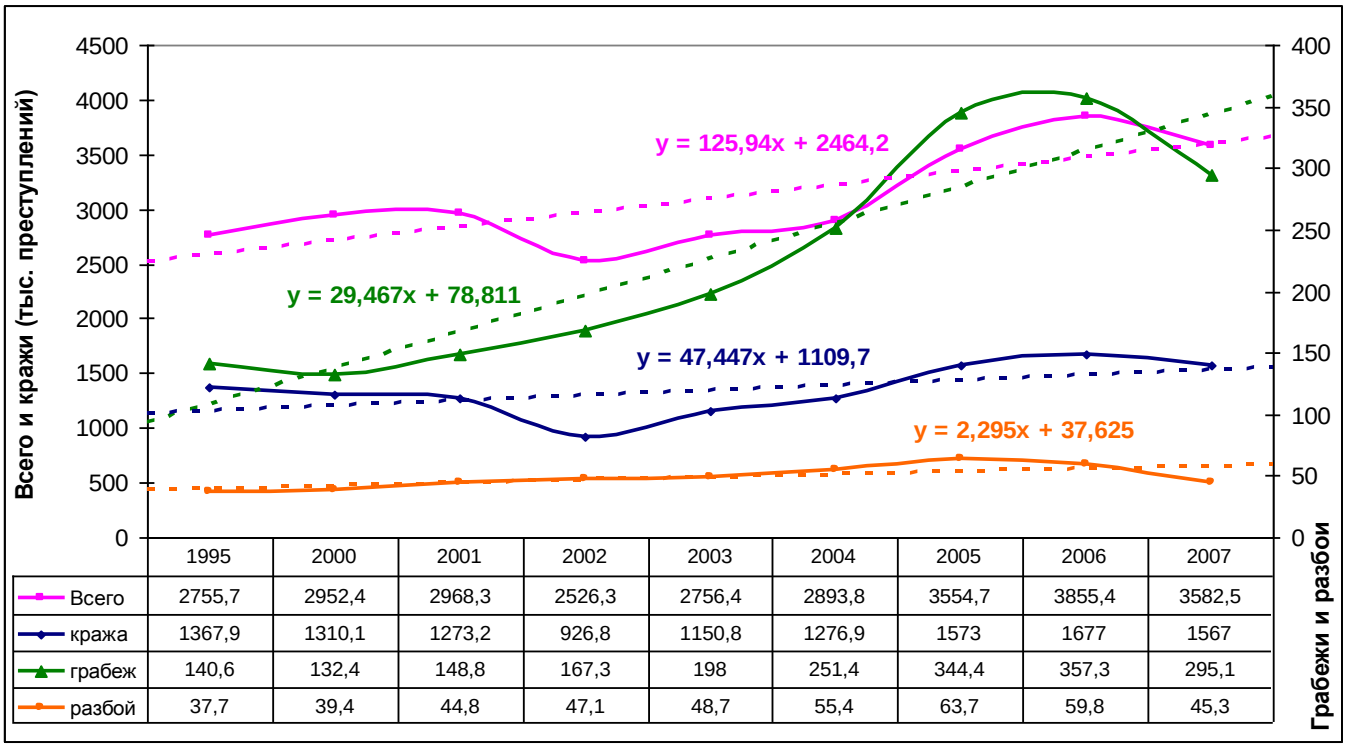
С экономической точки зрения это означает, что ни объем двигателя, ни «его лошадиные силы» (что общепринято и в России, и за рубежом) не определяют ни пользу, ни вред транспорта, и поэтому не могут определять ни транспортный налог, ни дорожный, ни таможенные пошлины, т.к. вред окружающей среде наносится видом и количеством сгоревшего топлива, весом, колесной формулой и скоростью движения транспорта [4].

С правовой точки зрения это означает, что все параметры для определения функции производства энтропии при передвижении, включая «дефектность дорожного покрытия и человеческого фактора» (путем хронобиодиагностики водителя), необходимо «снимать» пассивной локацией «радиоидентификаторов» (радиоканала и бортового компьютера с комплектом датчиков и устройств «БАКСАН»: Блочной Адаптивной Коммуникационной Системой Автотранспортной Навигации), установленных на каждом транспортном средстве, которые передают данные в центр управления движением в реальном масштабе времени, для принятия оперативных мер, как только автотранспортное средство «нарушило» указанные соответствия, фиксируемые в системе «радиознаками» и «радиосветофорами». Следовательно, общепринятый сегодня в мире принцип «принадлежности средств системы управления только дороге» является тупиковым, и должен быть изменен на принцип «принадлежности и автомобилю средств системы, управляющей транспортно-пассажирскими потоками» [4,6,10].

Синергетическое решение указанных инженерно-экономико-правовых моделей привели к созданию модели системы адаптивного дорожно-транспортно-экологического налогообложения (САДТЭН), которую следует ввести, и которая должна быть системой «местного налогообложения» (вместо всех дорожно-транспортных, включая «автогражданку»), т.к. зависит и рассчитывается для конкретной дорожно-транспортной инфраструктуры района (города) по «сезонной производительности» экосистем, численности населения и транспорта, а также динамики их передвижения, и распределяется на мероприятия (работы) по повышению безопасности этой конкретной инфраструктуры, где «налогооблагаемая база» передвигается [2,4].

Синергетическая модель подавления преступных деяний

Как показывает статистика, ежегодно в России регистрируется от 2,5 до 3,5 млн. преступлений, число которых неуклонно возрастает (рис.2).



	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Всего	2755,7	2952,4	2968,3	2526,3	2756,4	2893,8	3554,7	3855,4	3582,5
кража	1367,9	1310,1	1273,2	926,8	1150,8	1276,9	1573	1677	1567
грабеж	140,6	132,4	148,8	167,3	198	251,4	344,4	357,3	295,1
разбой	37,7	39,4	44,8	47,1	48,7	55,4	63,7	59,8	45,3

Рисунок 2 – Статистика преступлений в России 1995-2007 г.г.

«Среднегодовая структура преступлений» свидетельствует о том, что более половины всех преступлений (55,11%) составляют кражи, грабежи и разбои, целью которых является завладение денежными средствами (рис.3).

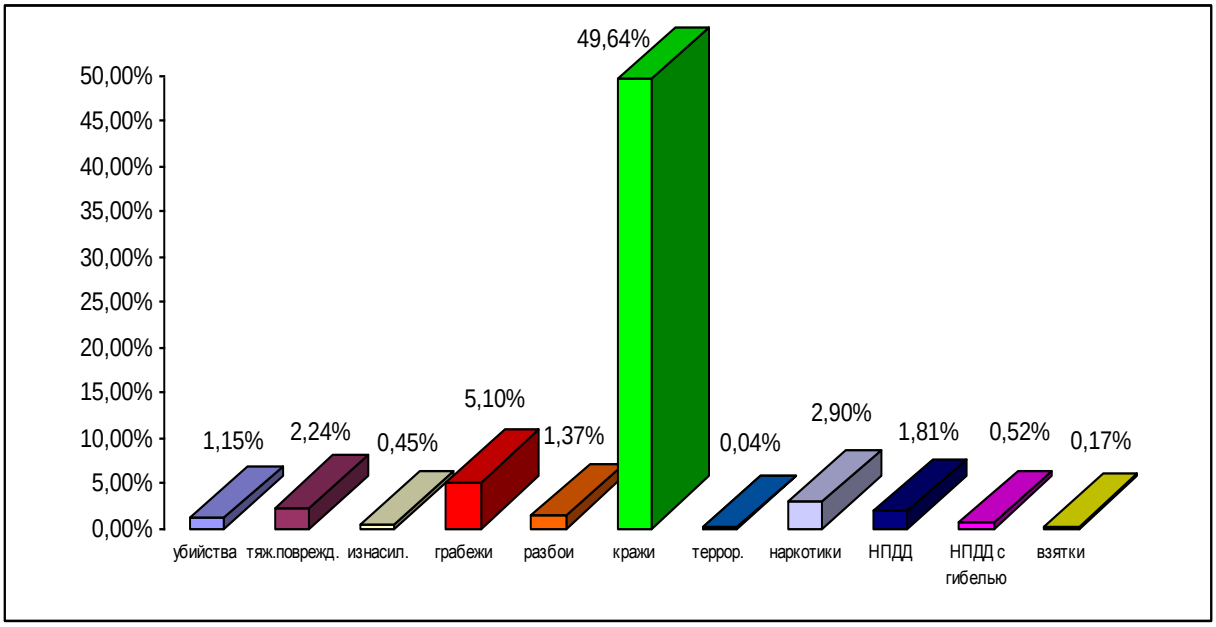


Рисунок 3 – Среднегодовая структура преступных деяний

Таким образом, переход на безналичное денежное обращение является способом самоорганизации подавления практически половины преступных деяний, т.к., во-первых, отсутствие наличных денег уничтожает базу для криминала, а, во-вторых, исчезает бинарный характер денежных транзакций, при которых нет свидетелей содеянного [4].

Резюмируя изложенное, можно сделать вывод, что модели самоорганизации безопасной жизнедеятельности должны базироваться на системах адаптивного налогообложения ликвидирующих обращение наличных денег (САДТЭН - в дорожно-транспортных инфраструктурах; САПЭН в пожарно-энергетической и т.д.). Такие системы легко тиражировать на деятельность служб жилищно-коммунальной сферы административно-территориальных единиц (энергоснабжение, теплоснабжение, газоснабжение, электросвязь, водоканал и т.д.), и это окажет синергетическое воздействие ещё на три службы АТЕ – органы юстиции (регистрации и кадастра), налоговую инспекцию и полицию, что может привести к дальнейшей унификации, например, появлению банковской кредитной карты-паспорта гражданина, и вызовет следующую «волну самоорганизации», которая затронет и службу социального обеспечения (пенсионные фонды), и торговые предприятия.

Список литературы

1. Азаров А.Д., Айдаркин Е.К., Бадалян Л.Х., Баранов П.П., Белозеров Вл.В., Доля В.К., Лыженков В.Н., Мотин В.Н., Новакович А.А., Тесля Э.П. «БАКСАН»: автомобиль-подавитель дорожно-транспортного вреда - в сб.мат.пленар.засед. Межд. конф. "Наука и будущее: идеи, которые изменят мир" /15-19 мая 2005 г., Москва, ГГМ им.В.И.Вернадского РАН/, М., Фонд "Наука и будущее", 2005, с.1-8.
2. Белозеров В.В. Автоматизированный комплекс электробаротермического анализа в определении физико-химических свойств материалов и их пожарной опасности //Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. - Вып. 3. -2008. - 18 с. -http://ipb.mos.ru/ttb/
3. Белозеров В.В. Экспериментальные методы оценки качества, надежности и безопасности электроприборов /»Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. - Вып. 5 (27). - 2009. - 9 с. -http://ipb.mos.ru/ttb/.
4. Белозеров В.В. Методы, модели и средства автоматизации управления техносферной безопасностью / дисс. на соиск. ст. д-ра тех. наук/- Ростов н/Д: ЮФУ, 2012. – 422с.
5. Белозеров В.В., Белозеров В.В., Босый С.И., Панченко Е.М., Удовиченко Ю.И. Способ синхронно-сопряженного термического анализа веществ и материалов и установка для его осуществления - Патент РФ на изобретение № 2343467 от 10.01.2009.
6. Белозеров В.В., Олейников С.Н., Пащинская В.В. О синергетике экономики и права при обеспечении безопасности жизнедеятельности //«Системный синтез и прикладная синергетика»: мат-лы 4-й междунар.науч.конф. ССПС-2011, 11-13.10.2011, Пятигорск/- Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2011, с.183-194
7. Белозеров В.В., Босый С.И. Диагностика прочности, долговечности и безопасности конструкционных материалов с помощью нового параметра – термобаростойкости - Современные наукоёмкие технологии». – 2008. – №2, с.116-118.
8. Белозеров В.В., Босый С.И., Буйло С.И., Прус Ю.В., Удовиченко Ю.И. Диагностика опасности материалов методом баротермоэлектрометрии, сопряженной с акустической эмиссией - Фундаментальные исследования – 2008. – №2, с.116-120.
9. Белозеров В.В., Буйло С.И., Прус Ю.В. Совмещенный термогравиметрический и акустико-эмиссионный способ определения стадий термодеструкции веществ и материалов и устройство для его осуществления - Патент РФ на изобретение № 2324923 от 21.01.2008.
10. Белозеров В.В., Видецких Ю.А., Викулин В.В., Гаврилей В.М., Мешалкин Е.А., Назаров В.П.,

Новакович А.А., Прус Ю.В. «БАКСАН-ПА»: автомобиль скорой пожарной помощи - Современные наукоемкие технологии, № 4, 2006, с.87-89.
11. Белозеров В.В., Гаврилей В.М. К вопросу о системах комплексной безопасности -Глобальная безопасность - 2009. - № 1, с.68-72.
12. Белозеров В.В., Гаврилей В.М., Климкин В.И., Любимов М.М. К вопросу о диагностике «человеческого фактора»- Глобальная безопасность – № 1, 2012, с.120-125.
13. Белозеров В.В., Загускин С.Л., Прус Ю.В., Самойлов Л.К., Топольский Н.Г., Труфанов В.Н. Классификация объектов повышенной опасности и вероятностно-физические модели их устойчивости и безопасности - ж.: "Безопасность жизнедеятельности", 2001, N 8, с.34-40.
14. Богуславский Е.И., Белозеров В.В., Богуславский, Н.Е. Прогнозирование, анализ и оценка пожарной безопасности /Уч.пособие под общ.ред. проф.Богуславского Е.И./- Ростов н/Д: РГСУ, 2004. -151с.
15. Брушлинский Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы. М.: МИПБ МВД РФ, изд. "Юникс", 1998. -255с.
16. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере - Успехи современной биологии, 1944, т.18, вып.2.
17. Воробьев В.Л. Термодинамические основы диагностики и надежности микроэлектронных устройств - М.: Наука, 1989. -160 с.
18. Гарин В.М., Жаравина Н.Е., Остроухова В.М., Финоченко Т.А. Проблемы оздоровления окружающей среды крупного города //Техносферная безопасность: матлы 7-й Всерос. науч.-практ. конф./1ч.-Ростов н/Д: РГСУ, 2002, с. 164-170.
19. Городон Г.Ю., Вайнштейн Л.И. Энерготравматизм и его предупреждение. М.: Энергоатомиздат, 1986. -256 с.
20. Живописцев И.Ф., Чванов В.В. Основные направления снижения аварийности, связанной с дорожными условиями, в Федеральной целевой Программе "ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РОССИИ", М., ГП РОСДОРНИИ: 1995.
21. Загускин С.Л. Системный анализ биоритмологической диагностики и управление жизнедеятельностью.//Современные проблемы изучения и сохранения биосферы, т.1 «Свойства биосферы и её внешние связи»-С.-Пб: Гидрометеоиздат, 1992, с.72-81.
22. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением /Под ред. М.Я.Блинкина: пер. с англ.- М.: Транспорт, 1983. -248с.
23. Кацман М.В., Богданов М.М. История диспансеризации и опыт ее проведения в СССР,- Ростов н/Д: Изд. РГУ, 1990. -208с.
24. Кленова И.А., Лебедева И.В. Сравнительный анализ средней продолжительности жизни в г. Ростове-на-Дону // Материалы 7-й Всерос. науч.-практ. конф. "Техносферная безопасность", 1 ч. Ростов н/Д: ЮРО РААСН (РГСУ), 2002, с. 87-90
25. Полторак О.М. Термодинамика в физической химии-М.:Высш.шк.,1991-319с.
26. Труфанов В.Н. Молекулярная геология - новое направление в системе наук о Земле - Научная мысль Кавказа , N 5, 1995, С. 46-50.

ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ

Будагян Ирина Фадеевна
доктор ф.-м. наук, профессор Московского Государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики

TECHNOLOGIES OF MODELLING ULTRA WIDE BAND ANTENNA SYSTEMS

Budagyan Irina, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, the professor of MGTU MIREA

АННОТАЦИЯ

В связи с быстрым развитием наносекундных технологий и их широким использованием в радиотехнике все актуальнее становится задача передачи и приема сверхширокополосных сигналов. Сверхширокополосные антенны применяются в подповерхностной радиолокации, при создании радаров со сверхвысоким разрешением, в «WIFI» системах беспроводного доступа в Интернет. В работе рассматриваются технологии создания обучающего мультимедийного комплекса. Применен инновационный подход к образовательному процессу с использованием наглядного отображения (в том числе интерактивного) сверхширокополосных антенн.

ABSTRACT

In connection with fast development of nanosecond technologies and their wide use in a radio engineering all becomes more actual a problem of transfer and reception ultra wide band than signals. Ultra wide band antennas are applied in subsurface radar-locations, in creation of radar with the ultrahigh permission; in «WIFI» systems of wireless access to the Internet. In work technologies of creation of a training multimedia complex are considered. The innovative approach to educational process with use evident (including interactive) displays of considered ultra wide band antennas.

Ключевые слова: наносекундные технологии, сверхширокополосные антенны, мультимедийный комплекс, интерактивное отображение.

Keywords: nanosecond technologies, ultra wide band antennas, a multimedia complex, interactive display.

В связи с быстрым развитием наносекундных технологий и их широким использованием в радиотехнике все актуальнее становится задача передачи, распространения и приема сверхширокополосных (СШП) сигналов [1]. Проблема создания антенн, работающих со сверхкороткими импульсами, связана с решением следующих специфических задач: определение характеристик направленности антенн с учетом временных параметров излучаемых сигналов; синтез сверхширокополосных антенн; создание излучателей, не искажающих форму сигнала. В настоящее

время известны антенны, входящие в состав радиолокационных систем и систем связи, которые рассмотрены в мультимедийном комплексе [2]. Они классифицированы по способу формирования излучаемого поля.

В работе рассматриваются технологии создания обучающего мультимедийного комплекса «Сверхширокополосные антенные системы» [3]. Применен инновационный подход к образовательному процессу путём интегрирования средств информационно - аналитической графики с использованием наглядного отображения рассматриваемых сверхширокополосных антенн [4].

Мультимедийный комплекс состоит из семи тем – это щелевые, рупорные, спиральные, логопериодические и зеркальные антенны, короткоимпульсные решетки и их элементы, всенаправленные антенны, в том числе биконические и дипольные. Каждая тема представляет собой законченный компьютерный видеоролик. Этот ролик можно в любой момент остановить или просто «отмотать» и просмотреть более внимательно, что способствует чёткому осознанию физики процесса.

При разработке комплекса использованы различные средства двух- и трёхмерной графики: такие графические пакеты, как 3ds Max, Softimage XSI 7.5, Corel Draw, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Adobe After Effect CS4 (Creative Suite 4), Adobe Premier CS4, Canopus Pro Coder 3, DVD-Lab Pro.

Процесс создания мультимедийного комплекса

Собранная графическая информация поступает для обработки в пакеты двумерного моделирования Adobe Illustrator и Photoshop. Далее из Adobe Photoshop растровое изображение поступает в пакет трехмерного моделирования Softimage XSI. Результат моделирования и визуализации в виде последовательности (секвенции) растровых кадров передается в программу компоновки Adobe After Effect, где происходит их сборка вместе с векторным изображением из Adobe Illustrator. Собранный видеофрагмент поступает для монтажа и озвучивания в Adobe Premier. В результате получается собранный и озвученный видеофрагмент [5].

Процесс сборки .avi файлов в один видеоклип (рисунок1)

1) Создается новый проект File>New>Project, в появившемся окне выбирается тип проекта DV-PAL Standard 48kHz.
2) Импортируются все видеоклипы антенн и анимированных графиков File>Import.
3) Перетаскиваются все клипы по таймлайн.
4) Инструментами «выделение», «коррекция протяженности клипа», «разделение клипа на куски» корректируется каждый клип и накладывается звук.
5) Готовый монтаж выводится в единый .avi файл.

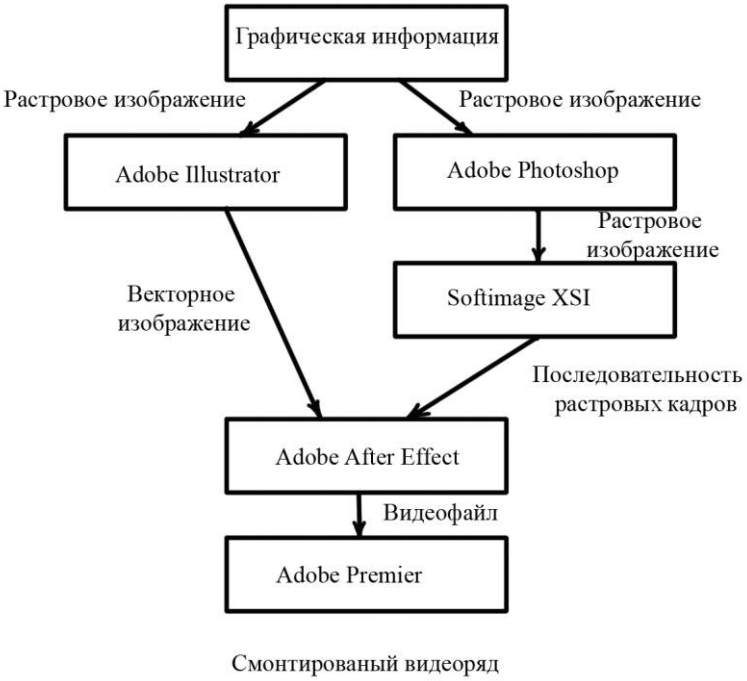


Рисунок 1. Структурная схема создания видеофильма **Моделируемые сверхширокополосные антенные системы**

Моделирование проводится для различных классов сверхширокополосных антенн: щелевых, рупорных, спиральных, логопериодических, биконических и зеркальных, а также антенных решеток. Ниже представлены некоторые из них.

Диэлектрический рупорный излучатель (3 … 6 ГГц) возбуждается двухпроводной симметричной микрополосковой линией с проводниками шириной 12,3 мм, напечатанными на обеих сторонах подложки с относительной диэлектрической проницаемостью, равной 2, и толщиной 3мм. Ширина проводников выбрана из условия равенства характеристического импеданса линии стандартной величине 50 Ом. Образующие рупора имеют экспоненциальный профиль. Параметры рупора и подложки выбираются из условия согласования не хуже – 15 дБ в полосе 3…6 ГГц. Две металлические полоски на рупоре являются продолжением проводников симметричной микрополосковой линии и расположены конформно с его образующими (рисунок 2, слева). Справа показано объемное поле излучения рупора, моделируемое в динамике на разных частотах. Квази Т-волна, возбуждаемая микрополосковой линией в подложке, далее распространяется в расширяющемся объеме диэлектрика и затем трансформируется в волны свободного пространства. Металлические полоски играют здесь ту же роль направляющих, что и ребра в металлическом рупоре. КНД 8,5 … 13,5 дБ, размеры 195×147×120 мм.

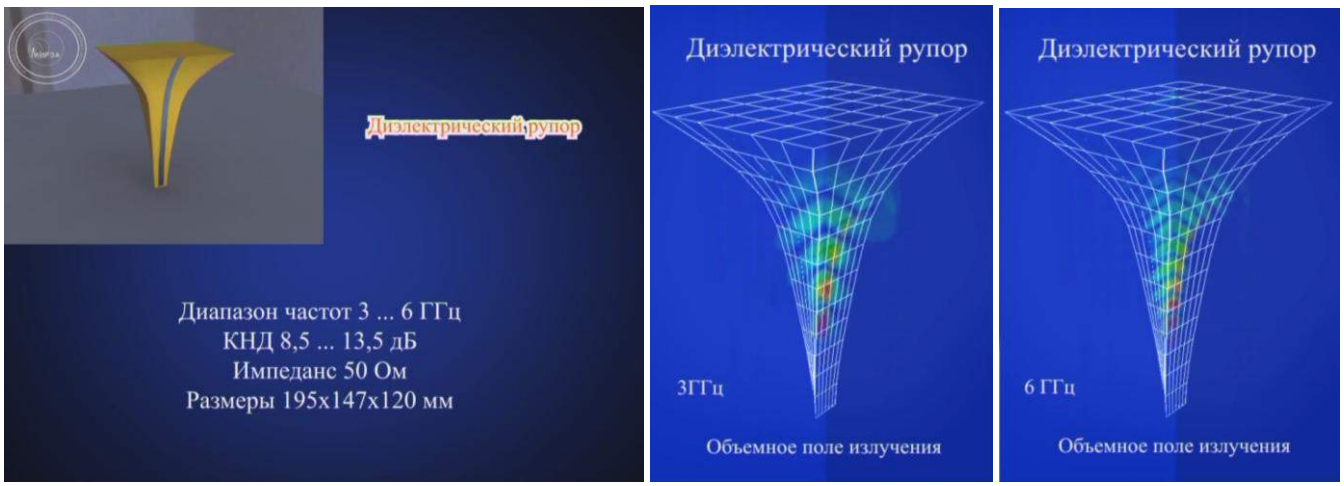


Рисунок 2. Геометрия рупора и его объемное поле излучения

Рисунок 3 иллюстрирует диаграммы направленности рупора в Е- и Н-плоскостях в рассматриваемом диапазоне. В Н-плоскости имеется тенденция расширения диаграммы направленности с ростом частоты, тогда как в Е-плоскости ДН мало меняется в рассматриваемом частотном диапазоне.

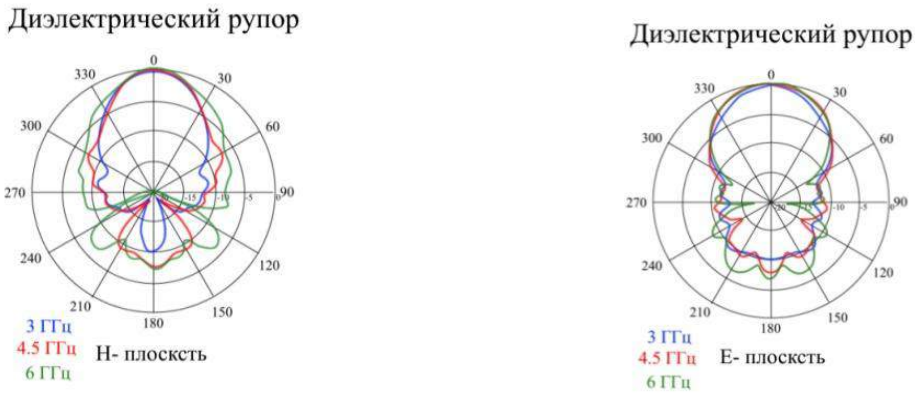


Рисунок 3. Диаграммы направленности рупора

Микрополосковая сверхширокополосная спиральная антенна (0,2…18ГГц) - различаются эти антенны, прежде всего законом, задающим спираль на диэлектрической подложке. Широкое распространение получили логарифмические и архимедовы спирали. Логарифмическая спираль изображена на рисунке 4, слева. Диаграмма направленности представлена (рисунок 4, справа) для параметров архимедовой спиральной антенны, обеспечивающих более чем пятикратное перекрытие по частоте. Для радиолокационных систем авиационной и ракетной техники требуется разработка сверхширокополосных малоразмерных антенн, способных работать в аппаратуре с амплитудной и фазовой пеленгацией, к которым относятся спиральные антенны. Для частот более 2 ГГц они изготавливаются по технологии гибридных интегральных схем СВЧ. Их особенности: слоистая среда и топология ленточной структуры.

Рисунок 4. Микрополосковая спиральная антенна

Для получения одностороннего излучения спирали размещают в резонаторе или над экраном. Обычно микрополосковые спирали имеют две ветви, которые возбуждаются линией передачи. Выбор параметров осуществляется путем параметрического синтеза [6].

Сверхширокополосная спиральная антенна с обтекателем (1…20ГГц) - разработка спиральных антенн ведется с учетом максимального сокращения их размеров и придания им по необходимости обтекаемой формы с помощью обтекателей. Ширина ДН на нижних частотах 95+20, на средних частотах 75+20, на верхних частотах 75+30 градусов. Кст<3. Поляризация эллиптическая, коэффициент эллиптичности > 0,7; коэффициент усиления в минимуме эллипса 0,1…1,0. Два варианта антенн отличаются массой и размерами (рисунок 5). Они представляют собой слабонаправленные антенны, предназначенные для установки в поток на летательных аппаратах; характеризуются высокими значениями коэффициентов перекрытия по частоте при малых размерах и массе; могут работать в широком диапазоне температур и вибраций.

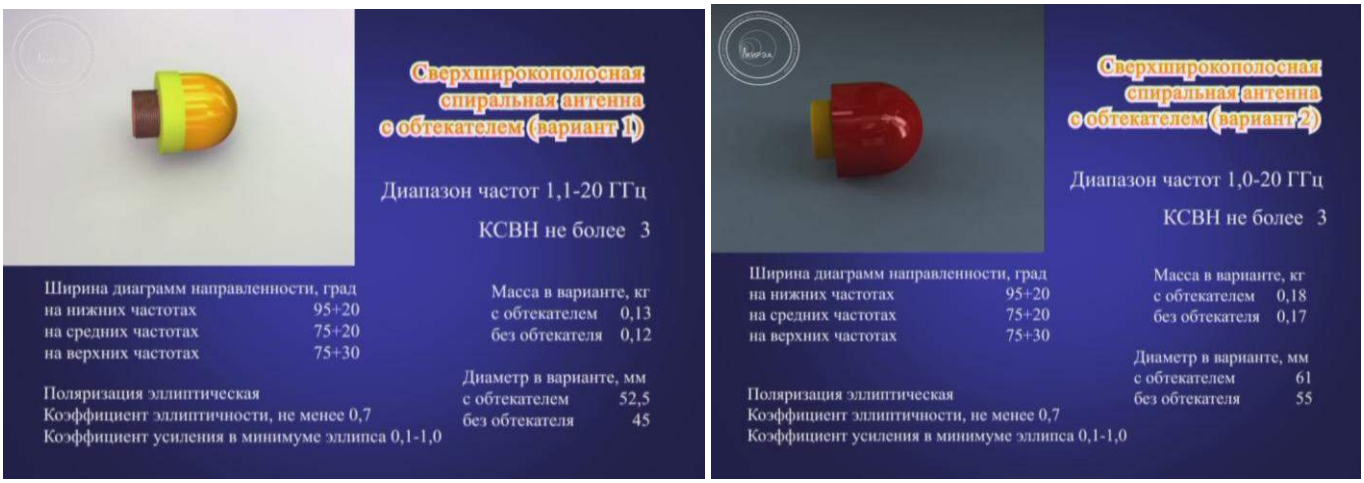


Рисунок 5. Спиральные антенны с обтекателем

Однозеркальная цилиндрическая антенна с корректирующим переменным импедансом – профиль поверхности зеркала описывается параболой (рисунок 6, слева). В центральной части зеркало является идеально проводящим, т.е. его поверхностное сопротивление равно 0. На полупроводящих краях зеркала поверхностное сопротивление меняется по параболическому закону, что обеспечивает его широкополосность и позволяет значительно снизить уровень боковых лепестков в диаграмме направленности антенны при равномерном амплитудном распределении поля в раскрыве. Аналогичный эффект имеет место и при косинусоидальном распределении поля. Антенны с корректирующим импедансом в краевой части зеркала могут применяться при работе с наносекундными импульсами для улучшения их характеристик [7]. Это иллюстрирует (рисунок 6, справа) пространственно-временное распределение поля в раскрыве зеркала для импульсов гауссовой формы. То же происходит и с импульсами прямоугольной формы.

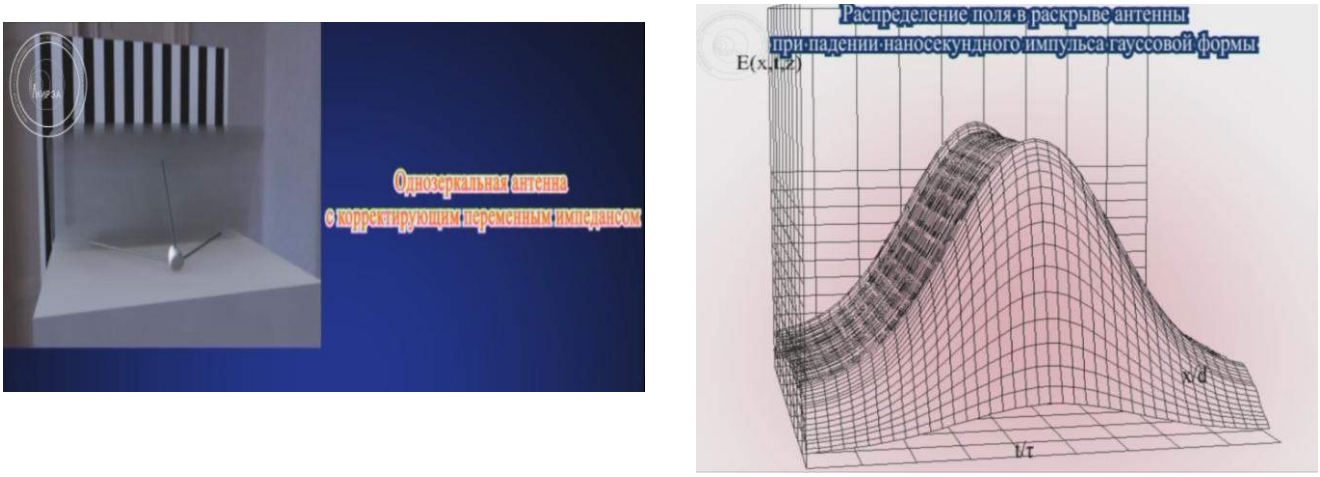


Рисунок 6. Зеркальная цилиндрическая антенна и ее распределение поля

Сверхширокополосная ленточная решетка представляет собой многослойную периодическую ленточную структуру, расположенную в среде с плоскослоистым диэлектрическим заполнением над металлическим экраном. На рисунке 7 представлен вариант построения приемной антенной решетки, обеспечивающей широкую полосу рабочих частот и широкий спектр углов одновременно.

Рисунок 7. Сверхширокополосная ленточная антенна

Всенаправленная антенна предназначена для приема сигналов круговой поляризации правого вращения, а также горизонтально и вертикально поляризованных сигналов в широком диапазоне волн (рисунок 8). Антенну удобно использовать в экстремальных экологических условиях, например, в транспортных средствах, что обусловлено ее конструкцией. Выпускается в двух вариантах для двух частотных диапазонов.

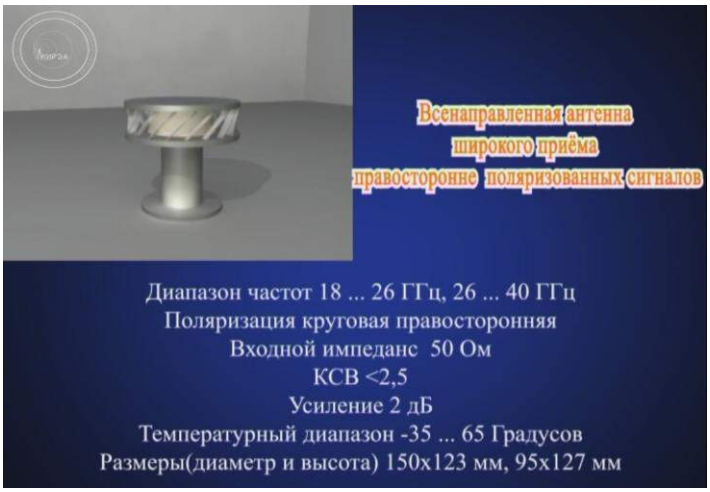


Рисунок 8. Всенаправленная широкодиапазонная антенна

Таким образом, в работе рассмотрены возможности, предоставляемые инновационными технологиями, при динамическом моделировании в области наносекундных импульсов и сверхширокополосных антенных систем [8]. Сверхширокополосные антенны применяются в подповерхностной радиолокации (индикация неоднородностей естественного и искусственного происхождения, различных полостей, пластиковых и металлических труб, подземных кабелей, дефектов в объектах из диэлектрика), в геологии (измерение глубины залегания полезных ископаемых, минерализованного дна торфяных залежей, толщины ледников, снежного покрова); в археологии; в медицине; в экологии (обнаружение протечек в трубопроводах); при создании радаров со сверхвысоким разрешением; в «WIFI» системах беспроводного доступа в Интернет [9]. Рассмотренные технологии моделирования обеспечивают повышение эффективности образовательного процесса, в том числе дистанционного.

Список литературы

1. Kinzie, Nicola Jean. «Ultra-Wideband Pulse Doppler Radar for Short-Range Targets». PhD diss., University of Colorado, 2011. – 305 p.
2. Будагян И.Ф., Саженов Р.В., Мерсяитова Г.Р. Мультимедийный комплекс "Сверхширокополосные и сверхкороткоимпульсные антенны" № государственной регистрации 50201000686 от 10.05.2010.
3. Будагян И.Ф., Саженов Р.В. Сверхширокополосные антенные системы // Мультимедийное учебное пособие. – М: ЭИ, МИРЭА, 2010, № государственной регистрации 0321000885 от 02.06.2010.
4. Будагян И.Ф., Щучкин Г.Г., Илюшечкин М.Н., Крючков Д.И. Инновационные технологии создания мультимедийных программно-методических комплексов по изучению волновых процессов в электродинамических системах // Научный вестник МИРЭА, №7. – 2009. – с. 118-156.
5. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н. Компьютерное моделирование процессов отражения наносекундных сигналов // T-Comm, №8. – 2011. – с. 22-27.
6. Будагян И.Ф., Максимов М.А., Чебышев В.В. Моделирование характеристик излучения микрополосковых спиральных антенн при работе со сверхкороткими импульсами // Электросвязь, №3. – 2011. – с. 41-42.
7. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н., Щучкин Г.Г. Анализ формы наносекундных сигналов. Излучение и распространение. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 122 с.

8. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н. Моделирование волновых процессов при отражении и распространении наносекундных импульсов // Физика и технические приложения волновых процессов: труды XI Международной научно-техничес-кой конференции. – Екатеринбург: Урал. ун-т, 2012. – с. 19-20.
9. Лазаренко О.В., Черногор Л.Ф. Сверхширокополосные сигналы и физические процессы // Радиофизика и радиоастрономия, т.13, №2, 2009. – с. 166-194.

ДВА ПОДХОДА К РАЗРАБОТКЕ ОНТОЛОГИИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Цуканова Нина Ивановна
канд.т.наук, доцент Рязанского государственного радиотехнического университета, Рязань

TWO APPROACHES TO DEVELOPMENT DOMAIN ONTOLOGY
Tcukanova Nina, kand.t.nauk, associate professor in the Ryazan State, Radio Engineering University, Ryazan

АННОТАЦИЯ

Исследуются два способа построения онтоло-гии предметной области. При первом сущности представляются классами, при втором – индивидуальностями. Даются рекомендации по использованию того или иного способа в зависимости от решаемой задачи.

ABSTRACT

We investigate two ways of constructing ontologyogy domain. At the first entity represents a class, the second - the individual. Recommendations on the use of a particular method, depending on the task at hand.

Ключевые слова: онтология, предметная область, класс, индивидуальность.
Keywords: ontology, the subject area, class and individuality.

Процесс создания онтологий[1] – сложный и трудоемкий процесс, далекий от формализации. Поэтому задача разработки технологии проекти-рования онтологий является актуальной.

Настоящая работа основывается на работе [2], где рассмотрена методика построения онтологии на основе концептуальной модели предметной области и приводятся правила описания свойств классов и индивидуальностей с помощью логических формул.

Цель данной работы исследовать два спосо-ба построения онтологии предметной области. Один из них для представления сущностей использует поименованные классы, при другом сущности предметной области рассматриваются как индивидуальности. Оцениваются достоинства и недостатки той и другой модели. Проектирова-ние онтологии осуществляется в редакторе онто-логий Protege 4. В качестве примера выбрана простая предметная область: Столицы – Страны – Части света.

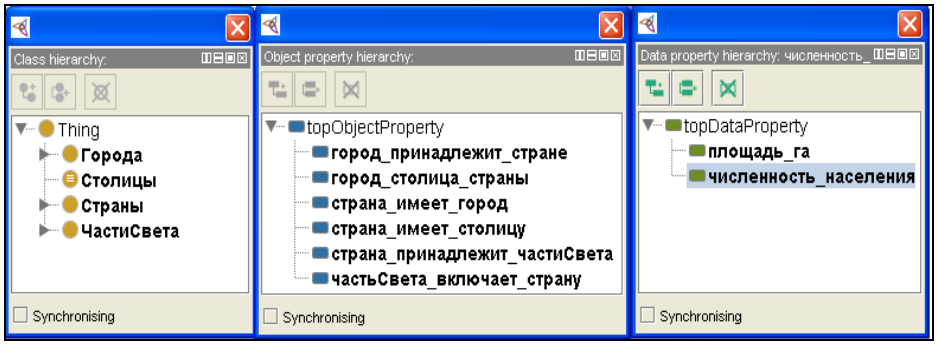


Рисунок 1. Базовые классы и бинарные отношения

При проектировании онтологии на первом этапе определяются сущности предметной обла-сти (ПО) и бинарные связи между ними, а также связи между сущностями и их характеристиками. В результате анализа концептуальной модели пре-дметной области «Столицы – Страны – Части света» были выделены базовые классы и бинар-ные отношения, представленные на рисунке 1.

С использованием бинарных отношений выполняется общее описание базовых классов в виде необходимых условий. Так, описание класса Страны будет иметь вид (рисунок 2):

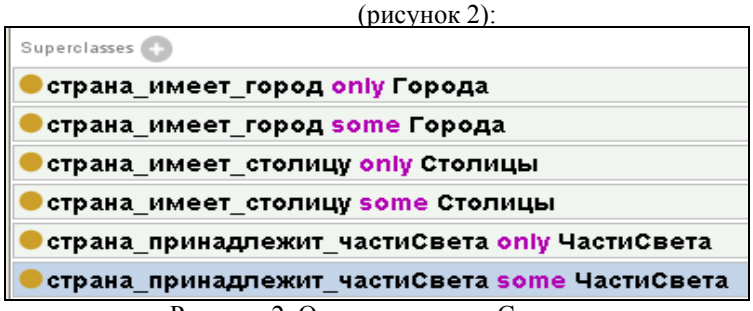


Рисунок 2. Описание класса Страны

В этом описании указываются ограничения на связи сущности Страны с другими сущностями. Далее базовые классы заполняются конкретными сущностями, и выполняется их классификация по определенным признакам.

Этот этап можно выполнить двумя способами, в результате получить разные онтологии.

Способ 1. Все города, страны, части света определяются как поименованные подклассы соответствующих базовых классов. Например, подклассами класса Страны будут Россия, Великобритания, Германия, Чехия, Франция; подклассами класса Части_Света будут Европа, Азия, Северная_Америка, Африка, Австралия, Южная_Америка. Для каждого из них в секции SubClass Of (Необходимые условия) описываются их свойства в виде ограничений на связи [2]. Например, описание свойств города Москва – подкласса класса Города будет иметь вид:

Москва -> город_принадлежит_стране ***some*** *Россия*

Москва -> город_столица_страны ***some*** *Россия*

Все поименованные подклассы составляют универсальное множество, которое в дальнейшем разбивается на группы (определяемые классы) по определенным признакам. Признаки, характеризу-ющие группу (определяемый класс), задаются в разделе Equivalent To в виде логических формул. Например, классы «Столицы», «Столицы Европы», «Страны, расположенные в более чем одной части света» описываются в разделе необходимых и достаточных условий (Equivalent To) следующими логическими формулами:

Столицы ≡ город_столица_страны ***some*** *Страны (1а)*

Столицы_Европы ≡город_столица_страны ***some*** *(Страны* ***and*** *страна_принадлежит_частиСвета* ***some*** *Европа)(1б)*

Страны_в_более_чем_одной_части_света≡страна_принадлежит_частиСвета ***min*** *2 ЧастиСвета (1в)*

В результате работы резонера [2] получается выводимая иерархия, в которой все поименованные подклассы правильно разделены на группы «Столицы», «Столицы Европы», «Страны, расположенные в более чем одной части света» и т.д. Они определены как подклассы этих групп.

Способ 2. Все элементы предметной области представляются как индивидуальности. Для этого на вкладке Individuals базовые классы заполняются экземплярами городов, стран и частей света и описываются свойства каждой индивидуальности. Например, характеристики индивидуальностей города Москвы и страны Россия будут иметь вид:

Москва город_принадлежит_стране Россия;

Москва город_столица_страны Россия;

Россия страна_принадлежит_частиСвета Европа;

Россия страна_принадлежит_частиСвета Азия.

Пусть определяемые классы и их описание(1) то же, что и при первом способе. Тогда в процессе работы машины вывода индивидуальности будут распределены по соответствующим классам как их члены (например, индивидуальности – члены класса СтолицыЕвропы).

Для каждой индивидуальности резонер выведет новую информацию, которая не вносилась разработчиком. Так, для России получим, что это страна, расположенная в более чем одной части света, что это страна относится к странам Европы, что ей принадлежат города Рязань, Александров, Москва и т.д.

Проведем сравнение этих двух способов. При первом способе выведенная иерархия содержит как определяемые классы (1), так и их наполнение в виде подклассов. При втором – дерево концептов включает только базовые и определяемые классы, их наполнение элементами можно увидеть в секции Members (Члены) для соответствующего класса. Наибольшие отличия возникают, когда признаком для классификации является характеристика сущности, задаваемая определенным типом данных, например, классификация городов по численности населения или по площади. В этом случае конкретная характеристика может быть указана только для индивидуальности, но не может быть задана подклассу. При первом способе приходится вводить индивидуальности для каждого поименованного подкласса с аналогичным именем, для них указывать значения параметров, при втором – для каждой индивидуальности просто добавляется еще одна характеристика в секции Data Property assertion.

Классификация по численности населения описывается одинаково как при первом способе, так и при втором с помощью следующих формул:

Малая ≡ численность_населения ***some int****[< 1000000]*

Большая ≡ численность_населения ***some int****[> 8000000]*

Средняя ≡ численность_населения ***some int****[>= 1000000 , <= 8000000]*

При выводе элементы этих групп можно увидеть в секции Members.

Выводы. Первый способ удобен при небольшом количестве классифицируемых элементов – дерево концептов наглядно иллюстрирует деление на группы, подгруппы. Второй способ имеет преимущества при классификации по значениям параметров элементов и при их большом числе. Наиболее приемлемым является смешанный вариант: какие-то поименованные элементы предметной области представлять подклассами, а какие-то индивидуальностями, соответствующие предпочтения зависят от разработчика. Приведенные в статье правила и рекомендации упрощают процесс создания онтологии предметной области.

Список литературы:

1. Базы знаний интеллектуальных систем /Т.А.Гаврилова, В.М. Хорошевский – СПб: Питер, 2000. – 384с.

2. Цуканова Н.И., Страхова З.В. Онтология учебно-методического комплекса //Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета, №1 (выпуск 43), Рязань, 2013. 5 с.

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ТОЧЕЧНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Долгов Юрий Александрович
академик РАЕН, д.т.н., профессор, Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, Молдова, ПМР, г. Тирасполь
Долгов Алексей Юрьевич
советник РАЕН, к.т.н, доцент, Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, Молдова, ПМР, г. Тирасполь,
Столяренко Юлия Александровна
к.т.н., доцент, Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, Молдова, ПМР, г. Тирасполь,

АННОТАЦИЯ

Предлагается метод расчета параметров выборок малого объема ($n = 3 \div 20$ элементов) повышенной эффективности, ошибка вычисления которых уменьшается в 2,9-3,4 раза по сравнению с классическими методами расчета. При применении предложенного метода в выборочном контроле (например, в производстве кристаллов интегральных микросхем) доля ложно забракованных изделий уменьшается в 1,8-2,2 раза.

ABSTRACT

It is suggested a method of calculation of small size sample parameters ($n = 3 \div 20$ units) with higher efficiency. The error estimation is reduced in 2,9-3,4 times in comparison with classic methods. The use of the method in acceptance sampling (for example in microcircuit crystal production) is reduced of fault rejected products in 1,8-2,2 times.

Ключевые слова: выборка малого объема, повышение точности выборочных параметров.

Keywords: small size sample, higher efficiency of small size sample parameters.

Введение

В ряде предыдущих работ [1-5] нами сделана успешная попытка найти метод расчета параметров выборки малого объема ($n = 3 \div 20$), [6,7]), который позволял бы получать их с точностью, превосходящей точность классического метода [8]. В качестве такого метода был предложен метод точечных распределений (МТР) [1,2], который позволяет примерно в 2 раза снизить относительную ошибку расчета среднего квадратичного отклонения (СКО), в 3-4 раза сокращает размер интервальной оценки дисперсии и других центральных моментов, что способствует более точному установлению вида закона распределения генеральной совокупности, из которой взята выборка малого объема. Это имеет большое практическое значение, так как приводит к уменьшению в 2 – 2,5 раза доли ложной приемки и ложной браковки изделий при использовании на производстве контрольных выборок малого объема при большом объеме партии (например, при контроле параметров кристаллов при производстве интегральных микросхем) [4,7,9,10]. Последующими исследованиями установлено, что имеется возможность дальнейшего уменьшения указанных ошибок.

Теоретические и экспериментальные исследования

Техника расчета параметров в МТР и оценка их точности подробно изложена в [1,2], а результаты для дальнейших сравнений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Реальные n и эквивалентные $n_э$ объемы выборок и относительные ошибки выборочных СКО S в случае МТР

Исходная выборка	n	3	4	5	6	7	8	9	10
	$\sigma(S)/\sigma$ %	46,6	38,9	34,1	30,7	28,2	26,2	24,5	23,2
МТР нормальное распределение	D/D_n	1,863	1,891	1,876	1,821	1,791	1,780	1,741	1,690
	$n_э$	10	14	17	20	23	25	27	29
	$\sigma(S)/\sigma$ %	23,2	19,4	17,5	16,1	15,0	14,3	13,8	13,3
МТР распределение Вейбулла	$n_{пр}$	3	6	10	15	21	28	36	45
	D/D_n	2,100	2,385	2,582	2,364	2,310	2,228	2,145	2,050
	$n_э$	13	23	33	34	37	40	41	42
	$\sigma(S)/\sigma$ %	20,0	15,1	12,4	12,3	11,7	11,3	11,1	11,0

Дальнейшее улучшение точности расчетов выборочных параметров связано с увеличением эквивалентного объема выборки, которое возможно при использовании устойчивой (робастной) оценки Ходжеса-Лемана среднего арифметического выборки по средним Уолша [11].

Сначала элементы первоначальной выборки X_i объемом n следует превратить в элементы новой выборки по формуле расчета средних Уолша

$$z_k = \frac{1}{2}\left(X_i + X_j\right), \left(i,j = \overline{1,n}; i \neq j\right) \quad (1)$$

с общим промежуточным объемом

$$n`_{пр} = C_m^2 = \frac{n!}{2!\left(n-2\right)!}. \quad (2)$$

Такой прием безусловно повышает точность расчета средней арифметической (робастный метод точечных распределений, РМТР), однако вносит систематическую ошибку при расчетах второго, третьего и последующих центральных моментов в следствие уменьшения размаха исходной выборки. Для ликвидации этого недостатка предлагаем объединить промежуточный объем РМТР $n`_{пр}$ с объемом исходной выборки n, тем самым, получив промежуточный объем эквивалентной (виртуальной выборки $n_{пр}$, комбинированного метода точечных распределений (КМТР)

$$n_{пр} = n'_{пр} + n = \frac{n!}{2!\left(n-2\right)!} + n. \quad (3)$$

Затем воспользуемся формулой расчета эквивалентности выборки ПЭ для МТР [12]

$$n_{Э} = n_{пр}\left(\frac{D}{D_n}\right)^2, \quad (4)$$

где D – статистика Колмогорова, а $D_н$ – аналогичная ей статистика, вычисленная в условиях малых выборок [13] для одной и той же доверительной вероятности.

Во всех случаях относительную ошибку выборочного среднеквадратического отклонения (СКО) будем вести по формуле, предложенной Я.Б. Шором [6]

$$\frac{\sigma(S)}{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{2n-1{,}4}}, \quad (4)$$

где n – объем исходной или $n_э$ эквивалентной выборки для соответствующего метода.

Результаты расчетов представлены в таблице 1 для случая нормального распределения и в таблице 2 – для случая распределения Вейбулла (в общем случае при доверительной вероятности $P_{дов}$=0,95).

Таблица 2

Реальные n и эквивалентные $n_э$ объемы выборок и относительные ошибки выборочных СКО S в случае КМТР

Исходная выборка	n	3	4	5	6	7	8	9	10
	$\sigma(S)/\sigma$ %	46,6	38,9	34,1	30,7	28,2	26,2	24,5	23,2
КМТР нормальное распределение	$n_{пр}$	6	10	15	21	28	36	45	55
	D/D_n	1,821	1,690	1,680	1,674	1,658	1,513	1,433	1,400
	$n_э$	20	29	42	59	77	82	92	108
	$\sigma(S)/\sigma$ %	16,1	13,3	11,0	9,3	8,1	7,8	7,4	6,8
КМТР распределение Вейбулла	D/D_n	2,364	2,050	1,914	1,767	1,680	1,520	1,462	1,400
	$n_э$	33	42	55	66	79	83	96	108
	$\sigma(S)/\sigma$ %	12,3	11,0	9,6	8,8	8,0	7,8	7,2	6,8

Выводы

Анализ таблиц 1 и 2 позволяет сделать вывод о том, что точность расчета выборочных СКО по КМТР увеличивается в среднем в 1,5-2,0 раза по сравнению с МТР или в 2,9-3,4 раза по сравнению с классическими методами расчета.

Список литературы:

1. Долгов Ю.А., Долгов А.Ю., Столяренко Ю.А. Метод повышения точности вычисления параметров выборки малого объема (метод точечных распределений) // Вестник ПГУ. – 2010. – Юб. вып. – С. 232-242.
2. Столяренко Ю.А. Метод точечных распределений // Радіоелектронні і комп`ютерні системи. – 2012. - №6. – С. 75-77.
3. Долгов А.Ю. Повышение точности оценок параметров контрольной выборки малого объема // Радіоелектронні і комп`ютерні системи. – 2012. - №6. – С.119-123.
4. Долгов Ю.А., Долгов А.Ю., Столяренко Ю.А. Анализ выборок малого объема и их применение // Вестник ПГУ. – 2013. – №3. – С.79-90.
5. Долгов Ю.А. Исследование точности определения параметров выборки малого объема различными методами // Радіоелектронні і комп`ютерні системи. – 2014. - №5. – С.110-112 с.
6. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. – М.: Сов. Радио, 1962. – 552 с.
7. Столяренко Ю.А. Контроль кристаллов интегральных микросхем на основе статистического моделирования методом точечных распределений: Дисс. на соиск. степ. канд. техн. наук. – М.: СПУРТ, 2006. – 192 с.
8. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Наука, 1971. – 576 .
9. Долгов А.Ю. Повышение эффективности статистических методов контроля и управления технологическими процессами изготовления микросхем:

Дисс. на соиск. степ. канд. техн. наук. – М.: МГАПИ, 2000. – 217 с.
10. Dolgov Y. A., Dolgov A. Y. Stochastic Check for Control of Electronic Wares Quality // Trans. Of 10-th Intern. Symp. Of Applied Stochastic Models and Data Analysis. – 12-15 june 2001: - Vol. 1/2. – Univer. Techologic de Compiene. France. P. 387-390.
11. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
12. Долгов Ю.А. Статистическое моделирование: Учебник для вузов. – 2-е изд., доп. – Тирасполь: Полиграфист, 2011. – 352 с.
13. Гаскаров Д.В., Шаповалов В.И. малая выборка. – М.: Статистика, 1978. – 248 с.

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЕГОРЛЫКСКОГО СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Дрововозова Татьяна Ильинична,
докт. техн. наук, профессор кафедры экологических технологий природопользования,
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО ДГАУ.
Марьяш Сергей Александрович,
ведущий инженер-программист кафедры водоснабжения и водоотведения,
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО ДГАУ.
Кондратова Светлана Владимировна,
заведующая лабораторией кафедры экологических технологий природопользования,
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО ДГАУ.
Кулакова Екатерина Сргеевна,
канд. техн. наук, доцент кафедры экологических технологий природопользования,
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО ДГАУ.

DEVELOPMENT OF WATER SUPPLY SCHEME FOR EGORLYKSKY RURAL SETTLEMENT IN ROSTOV REGION

Drovovozova Tatiana, Doctor of Technics, professor at the Chair of Nature Management Ecological Technologies, Novocherkassk Institute of Reclamation Engineering after A.K. Kortunov, Federal State Budget Educational Institution of Higher Vocational Training, Donskoy State Agrarian University.
Maryash Sergei, leading programming engineer at the Chair of Water Supply and Water Diversion, Novocherkassk Institute of Reclamation Engineering after A.K. Kortunov, Federal State Budget Educational Institution of Higher Vocational Training, Donskoy State Agrarian University.
Kondratova Svetlana, laboratory manager at the Chair of Nature Management Ecological Technologies, Novocherkassk Institute of Reclamation Engineering after A.K. Kortunov, Federal State Budget Educational Institution of Higher Vocational Training, Donskoy State Agrarian University.
Kulakova Katarina, Candidate of Technics, an associate professor at the Chair of Nature Management Ecological Technologies, Novocherkassk Institute of Reclamation Engineering after A.K. Kortunov, Federal State Budget Educational Institution of Higher Vocational Training, Donskoy State Agrarian University.

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается проблема водоснабжения сельских поселений на примере станицы Егорлыкской Ростовской области. Проведен анализ химического состава подземных вод, являющихся источником питьевого водоснабжения поселка, а также воды, отпускаемой населению, который показал ее несоответствие требованиям, предъявляемым к питьевой воде.

В связи с этим рекомендована схема очистки подземных вод с учетом химической и санитарно-гигиенической оценки качества воды источника водоснабжения и доведение ее до питьевого качества.

SUMMARY

The problem of water supply in rural settlements on the model of stanitsa Egorlykskaya in Rostov region is considered in the paper. The chemical composition analysis of underground waters which being a source of drinking water supply in the settlement as well as the water delivered to the population has been carried out and showed its inadequancy to requirements layed to potable water.

In this connection the scheme of underground waters purification with taking into account ochemical, sanitary and hygienic assessment test of water as a source of water supply and its bringing to drinking quality is recommended.

Ключевые слова: подземные воды; водоснабжение; очистка.
Keywords: underground waters; water supply; water treatment.

В настоящее время наиболее остро проблемы возникают при необходимости обеспечения доброкачественной питьевой водой сельских поселений. Проектирование систем водоснабжения сельских поселений представляет собой комплексную проблему, от правильного решения которой во многом зависят масштабы необходимых капитальных вложений в эти системы. Схемы разрабатываются на основе анализа фактических нагрузок потребителей по водоснабжению и водоотведению с учётом перспективного развития на 10 лет, структуры баланса водопотребления и водоотведения региона, оценки существующего состояния головных сооружений водопровода и канализации, насосных станций, а также водопроводных и канализационных сетей и возможности их дальнейшего использования, рассмотрения вопросов надёжности, экономичности.

В работе [1, с. 74], как один из вариантов решения данной проблемы применительно к сельским поселениям, рассматривалась схема очистки, предусматривающая использование медленных фильтров, выносного электролизера «Хлорэфс» [2, 7 с.] для хлорирования воды и автоматического устройства для дозирования раствора пероксида водорода с целью удаления из питьевой воды избыточных количеств остаточного хлора. Однако, использование пероксида водорода в процессах обезвреживания питьевой воды является сложной задачей, прежде всего, с санитарно-гигиенической точки зрения.

Основой для разработки и реализации схемы водоснабжения ст. Егорлыкской является Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. № 416-ФЗ "О водоснабжении и водоотведении", регулирующий всю систему взаимоотношений в водоснабжении и водоотведении и направленный на обеспечение устойчивого и надёжного водоснабжения и водоотведения, а также генеральный план развития сельского поселения и программу комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры станицы Егорлыкской.

Услуги по централизованному водоснабжению Егорлыкского сельского поселения предоставляет Егорлыкское муниципальное унитарное предприятие (ЕМУП) «Коммунальник».

Для оказания услуг по обеспечению населения и промышленных предприятий станицы питьевой водой ЕМУП «Коммунальник» эксплуатирует комплекс водоочистных сооружений (КВОС), который расположен в северо-восточной части ст. Егорлык.

Источником водоснабжения ст. Егорлыкская являются подземные воды. Водозаборные сооружения станицы Егорлыкская состоят из 16 скважин. На 01.01.13 отбор воды из подземного источника ведется согласно графику с минимальным одновременным включением 5 скважин, что обеспечивает подъем необходимого количества воды для нужд населения.

Вода из скважин по водоводу подается в резервуар чистой воды. Из резервуара вода насосной станцией второго подъема, подается непосредственно в сеть водопотребителю, предварительно пройдя только бактерицидную обработку гипохлоритом натрия (ГХН).

Объем реализации холодной воды в 2013 году составил примерно 788,9 тыс м^3. Объем забора воды из скважин фактически продиктован потребностью объемов воды на реализацию (полезный отпуск) и расходов воды на собственные и технологические нужды, потерями воды в сети.

На протяжении последних лет наблюдается тенденция к рациональному и экономному потреблению холодной воды и, следовательно, снижению объемов воды, прошедшей через очистные сооружения ЕМУП «Коммунальник».

В настоящее время вода, отпускаемая населению, не удовлетворяет требованиям СанПиН 2.1.4 1074-01 [3], что вызывает вполне оправданное недовольство людей. Руководствуясь химическим анализом проб воды из резервуара чистой воды (РЧВ) ЕМУП «Коммунальник» ст. Егорлыкской, очевидно превышение ряда показателей по сравнению с ПДК, в частности:

Сухой остаток – 1672 мг/дм^3
Хлориды – 655,1 мг/дм^3
Жесткость – 7,6 ммоль/дм^3
Магний – 57,1 мг/дм^3
Аммоний -2,64 мг/дм^3
Железо общее – 5,24 мг/дм^3
Цветность - 26 градусы
Мутность – 16,39 мг/дм^3
H_2S – 4,99 мг/дм^3.

Исходя из полученных данных химического анализа проб воды из резервуара (РЧВ), необходимо предусмотреть очистные сооружения для доведения воды до требования СанПин 2.1.4. 1074-01 «Вода питьевая».

В связи с тем, что Егорлыкское сельское поселение использует для централизованного водоснабжения подземные воды, которые считаются условно чистыми и не требующими дополнительной очистки, существующая система очистки воды включает только ее обеззараживание. Обеззараживание исходной воды ведется путем хлорирования с использованием гипохлорита натрия, полученного на установках «Хлорэфс». Однако этого не достаточно для доведения воды до питьевого качества. Характеристика сооружений по очистке воды представлена в табл.1.

Таблица 1

Характеристика сооружений по очистке воды

№ п/п	Состав сооружений	Кол-во	Степень износа, %
1	Склад	1	100
2	Хлораторная	1	100
3	Установка "ХЛОРЭФС"	2	75
4	УЗР- В-М	1	100
5	Шкаф дистанционного управления ШЩ-ЗД-1-2200х1000х600	1	100
6	Шкаф ручного управления ШЩ-3Д-2200х600х600	1	100

В процессе разработки предложений по улучшению существующей схемы водоподготовки учитывались требования следующих основных нормативных документов.

1. Директива 98/83/ЕС Совета от 3 ноября 1998 года, о качестве воды, предназначенной для употребления населением.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Рекомендуемая схема очистки подземных вод разрабатывалась с учетом:

1. санитарной оценки подземного источника водоснабжения;
2. оценки качества и количества воды источника водоснабжения; санитарной оценки места размещения скважин;
3. прогноза санитарного состояния источника.

Учитывая выше изложенное, нами предлагается следующая система очистки питьевой воды.

1. Предварительная обработка - удаление (отдувка) сероводорода на безнапорном аэраторе.

Одновременно с отдувкой сероводорода происходит окисление растворенного в воде железа и других окисляемых примесей.
2. Насосная станция для подачи воды на линии фильтрации и промывку фильтров.
3. Фильтрация (очистка от железа, мутности, цветности).
4. Первичное хлорирование (дозирование хлорсодержащего реагента ГХН).
5. Коагуляция (дозирование коагулирующего реагента).
6. Регулирование pH (дозирование средства коррекции pH).
7. Фильтрация (напорные фильтры с многослойной фильтрующей загрузкой).
8. Финишное хлорирование (постхлорирование) — дозирование раствора гипохлорита натрия, полученного электролизом.

Технологическая схема рекомендуемой схемы очистки подземных вод представлена на рис. 1.

Для производства дезинфектанта гипохлорита натрия используется установка «Хлорэфс» (УГ-7). На очистных сооружениях эксплуатируется две установки. Производительность установки «Хлорэфс» (УГ-7) - 65- 80 л/час. Расход раствора гипохлорита натрия на 1 литр обрабатываемой воды составляет 0,8 - 1 мл. Фактический расход составляет 0,83 мл.

Объем раствора гипохлорита натрия, вырабатываемый за год двумя установками, соответственно составляет 805,92 м^3. Следовательно, приготовленного раствора ГХН, достаточно для обработки примерно 971 тыс. м^3 питьевой воды, что полностью удовлетворяет потребностям рассматриваемого сельского поселения.

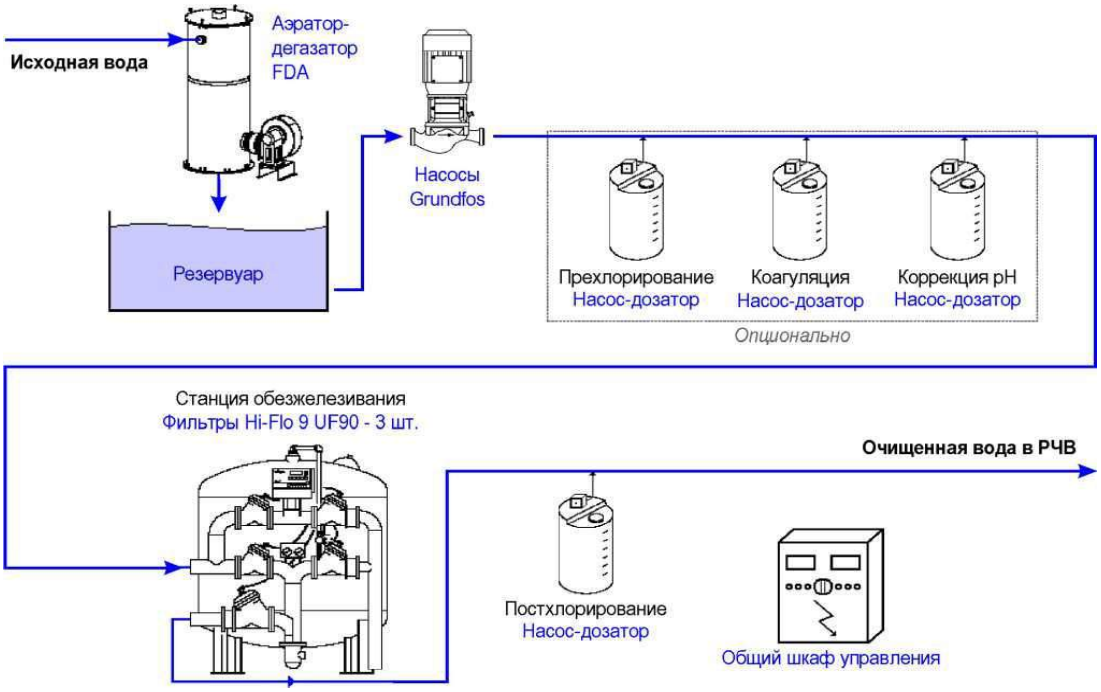


Рисунок 1. Рекомендуемая технологическая схема очистки подземных вод ст. Егорлыкская

Рекомендуемая схема очистки подземных вод ст. Егорлыкская позволит довести качество воды до требований СанПин 2.1.4.1074-01, тем самым снять экологическую и социальную напряженность, возникшую в данном сельском поселении.

Список литературы:

1. Дрововозова Т.И. Оптимизация водоснабжения сельских поселений: Монография / Т.И. Дрововозова; Новочерк. гос. мелиорат. акад. - Новочеркасск: Лик, 2009. - 135 с.
2. Установка «Хлорэфс» (УГ) для обеззараживания воды: паспорт, инструкция / Л.Н. Фесенко. - Новочеркасск, 2007. - 7 с.
3. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»: СанПиН 2.1.4.1074-01. - изд. офиц. - М., 2002. - 103 с.

НОВЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТАБАЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Евгения Вадимовна Гнучих
канд. техн. наук, зам. директора по научной работе и инновациям, Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий Российской академии сельскохозяйственных наук, г. Краснодар
Ангелина Ивановна Ястребова
старший научный сотрудник, Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий Российской академии сельскохозяйственных наук, г. Краснодар
Ирина Александровна Резниченко
канд. техн. наук, руководитель сектора ЗАО «Тандер», г.Краснодар

NEW METHODS OF QUALITY CONTROL FOR TOBACCO PRODUCTS

Evgeniya Gnuchikh, Candidate of Technical Sciences, deputy director on scientific work and innovations, All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco products, Krasnodar
Angelina Iastrebova, Senior scientist, All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco products, Krasnodar
Irina Reznichenko, Candidate of Technical Sciences, chief of sector ZAO "Tander", Krasnodar

АННОТАЦИЯ

Определение номинального диаметра является важным этапом контроля качества при изготовлении сигарет и при подготовке их к определению показателей безопасности. Важным показателем качества сигарет является осыпаемость табака из открытых концов сигарет. Методы, изложенные в стандартах по определению номинального диаметра и осыпаемости, будут использоваться при контроле качества продукции. Применение новых стандартизованных методов контроля качества сигарет будет способствовать соблюдению требований технического регламента Таможенного союза на табачную продукцию.

ABSTRACT

Determination of the nominal diameter is an important step in quality control in the manufacture of cigarettes and in preparing them for the determination of safety indicators. An important indicator of the quality of the cigarettes is loss tobacco from open ends. The methods outlined in the standards for determination of the nominal diameter and loss tobacco from the ends will be used for quality control. The application of new standardized methods for quality control of cigarettes will facilitate compliance with the requirements of technical reglament of the Customs Union on tobacco products.

Ключевые слова: сигареты, фильтрпалочки, номинальный диаметр, осыпаемость, методы контроля, показатели качества, табачная промышленность.

Key words: cigarettes, filter rods, nominal diameter, loss tobacco from open ends, methods of control, quality indicators, tobacco industry.

Самый распространенный вид табачной продукции — сигареты с фильтром, которые проходят контроль на всех этапах производства. Одним из основных показателей качества при изготовлении сигарет является их диаметр. Сигареты с фильтром изготавливают путем соединения отрезков сигаретного штранга и отрезка фильтрпалочки с помощью ободковой бумаги. Технологическим процессом предусмотрены равные значения номинального диаметра этих отрезков, чтобы изготовленные сигареты не имели дефектов внешнего вида и отвечали заложенным при их конструировании физическим, технологическим параметрам и показателям качества и безопасности. Так, определение номинального диаметра является важным этапом контроля качества при изготовлении сигарет и при подготовке их к определению показателей безопасности. Диаметр сигарет – один из основных параметров, который измеряют перед прокуриванием сигарет на курительной машине для последующего определения смолы, никотина, монооксида углерода.

Метод определения номинального диаметра сигарет и фильтрпалочек установлен национальным стандартом — ГОСТ Р 54062—2010 (ИСО 2971:1998) «Сигареты и фильтрпалочки. Определение номинального диаметра. Метод с использованием лазерного измерительного прибора», разработанным ГНУ ВНИИТТИ Россельхозакадемии. Этот стандарт в 2012 г. переоформлен в межгосударственный — ГОСТ 31634—2012 (ИСО 2971:1998) с тем же названием. Цель разработки данного стандарта – установление стандартизованного современного метода определения диаметра сигарет и фильтрпалочек.

Метод определения основан на бесконтактном измерении диаметра сигарет и фильтрпалочек с использованием прибора со сканирующим лучом лазера. В приборе испытуемый образец поворачивается вокруг своей продольной оси на пол-оборота (180°) или на оборот (360°) с постоянной угловой скоростью. Одновременно на плоскость, называемую сканирующей дорожкой, подается лазерный луч, направленный параллельно контрольной линии сканирования, двигающийся с постоянной скоростью перпендикулярно к продольной оси испытуемого образца и делающий 100 измерений ортогональной проекции поперечного сечения образца. Разрешающаяся способность сканирующего лазерного луча не менее 0,005 мм.

Скорость сканирования лазером должна быть такой, чтобы никакое эксцентричное перемещение образца вдоль своей продольной оси в зоне измерения не повлияло бы на точность измерения. Соотношение между скоростью сканирования лучом лазера и скоростью вращения образца должно быть постоянным и настолько большим, чтобы измеренная величина была достаточно точной, несмотря на возможную некруглость изделий. Длина сканирующей дорожки должна быть по крайней мере на 50% больше максимального диаметра, подвергаемого измерению. Прибор, в зависимости от конструкции, должен иметь устройство с держателем для вращения образца или для вращения сканирующей дорожки вокруг образца. Это позволяет получить среднее значение диаметра изделия. Точность измерения номинального диаметра сигарет и фильтрпалочек составляет 0,01 мм.

Для проверки системы сканирования лазерным лучом применяют калибры. Поверхность калибра (металлического цилиндрического стержня с установленной величиной диаметра и величиной теплового расширения материала, из которого он изготовлен) должна иметь шероховатость 0,5 мкм.

Калибры должны иметь документ с результатами измерений, выполненных в стандартных условиях при температуре (22+5) °С с точностью измерения не менее 0,005 мм, и соответствующую маркировку.

Для испытаний проводят отбор проб по и кондиционируют их перед испытаниями. Испытания проводят в соответствии с инструкцией к прибору. Сигарету или фильтрпалочку располагают в зоне измерения как можно ближе к точке пересечения центральной линии сканирования и линии измерения. Значение диаметра испытуемых образцов отображаются на дисплее с точностью до 0,01 мм. Для определения среднего значения диаметра измеряют 10 образцов одной пробы.

Возможные причины погрешностей при измерении диаметра: попадание в выборку образцов с морщинистым швом, пыль и обрывки на передающем или принимающем сканирующий луч окне, неправильное размещение испытуемого образца в зоне измерения (чем больше угол между осью образца и сканирующей дорожкой, тем больше погрешность измерения), измерение в разных участках образца и если образец поворачивается не на полные пол-оборота или оборот.

Преимущества метода измерения лазерным лучом состоит в том, что метод этот бесконтактный, наиболее точный из используемых методов определения диаметра,

на полученные результаты не оказывает влияние воздухопроницаемость сигаретной и ободковой бумаги, жесткость сигарет и фильтрпалочек. Недостатки метода: требуется специальное дорогостоящее лабораторное оборудование.

Точность метода определения диаметра сигарет и фильтрпалочек установлена по результатам международных межлабораторных испытаний при участии восьми лабораторий на специально подобранных образцах сигарет, фильтрпалочках и металлических стержнях диаметром приблизительно 7,9 мм. В стандарте представлены данные пределов повторяемости и воспроизводимости для отдельных измерений и для средних значений.

Существуют также следующие альтернативные методы определения номинального диаметра. Это измерение мерной лентой и пневматический метод. Пневматический метод предусматривает использование измерительной головки с отверстием, диаметр которого немного превышает диметр измеряемого изделия, что позволяет без затруднения вставить испытуемый образец в прибор. Через измерительную головку проходит сжатый воздух с низким регулируемым давлением, направленный по двум воздуховодам, один из которых используется для измерения, а другой для балансировки. Измеряют средний перепад давления между ними, который находится в прямой зависимости от диаметра образца.

Преимущество пневматического метода в том, что он прост и требует незначительного технологического обеспечения. Недостатки метода: для каждого диапазона измерений требуются отдельные измерительные головки, на полученные результаты оказывает влияние жесткость образца и (особенно) воздухопроницаемость бумаги.

В настоящее время для изготовления сигарет в основном применяют бумажные материалы, имеющие высокую воздухопроницаемость, что приводит к погрешностям при использовании пневматического прибора для определения диаметра, поэтому в табачной промышленности номинальный диаметр сигарет и фильтрпалочек определяет в основном приборами с использованием лазерного луча.

Важным показателем качества сигарет и соблюдения технологических процессов при их изготовлении является осыпаемость табака из открытых концов сигарет. Дополнительное уплотнение табачного жгута на концах сигареты позволяет получить плотный ровный обрез, из торца которого не высыпаются отдельные табачные волокна даже при механическом воздействии на сигарету при упаковке в пачки или коробки. На стадии обращения, при транспортировании и хранении сигареты также могут подвергаться механическим воздействиям, вызывающим осыпаемость табака, что ухудшает внешний вид сигарет и снижает их качество. Поэтому осыпаемость табака проверяют как на стадии технологического процесса изготовления сигарет перед их упаковыванием, так и в готовой продукции.

Определение осыпаемости состоит в том, что сигареты подвергают встряхиванию, чтобы искусственно вызвать выпадение волокон табака из их открытых концов. Существует несколько методов определения осыпаемости сигарет, различающихся тем, что встряхивание производят, используя разные приборы: куб, вращающийся вдоль своей диагональной оси, вращающийся цилиндр и вибростол.

Наибольшее распространение в табачной промышленности получил метод с использованием вращающегося цилиндра. Этот метод установлен ГОСТ Р 55362—2012 (ИСО 3550-2:1997) «Сигареты. Определение осыпаемости. Метод с использованием вращающегося цилиндра», разработанным ГНУ ВНИИТТИ Россельхозакадемии. Данный стандарт введен впервые. Цель разработки данного стандарта – установление стандартизованного метода определения осыпаемости с помощью вращающегося цилиндра. Стандартизованный метод основан на встряхивании определенного количества сигарет в цилиндре эллиптического поперечного сечения, состоящего из определенного количества круглых стержней из нержавеющей стали, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга с промежутками между ними меньшими, чем диаметр измеряемых сигарет, но достаточными, чтобы через них просыпались волокна табака при испытании. Во время испытаний цилиндр вращается вокруг своей горизонтально расположенной продольной оси со скоростью (90+1) об/мин. Счетчик автоматически останавливает вращение при достижении установленных стандартом 270 оборотов. Массу табака, высыпавшегося из открытых концов в выдвижной лоток, определяют после окончания испытания.

Преимущество данного метода перед другими в том, что для одновременного выполнения испытаний более чем одной пробы для анализа одной выборки или разных выборок цилиндр может быть оборудован одной или несколькими фиксированными перегородками, расположенными по длине цилиндра так, чтобы создать несколько испытательных отсеков, каждый из которых должен быть оборудован подвижной перегородкой в дополнение к фиксированной, чтобы рабочая длина отсека могла быть отрегулирована в соответствии с длиной испытуемых сигарет на (5+1) мм длиннее сигарет.

Перед началом испытаний сигареты кондиционируют, определяют средний диаметр сигарет с точностью до 0,01 мм, а также среднюю длину сигарет с точностью 0,5 мм и влажность табака в сигаретах. Влажность табака не учитывается при расчетах осыпаемости табака, но, поскольку она может влиять на результаты испытаний, ее показатель должен быть отмечен в отчете об испытаниях.

Количество сигарет в пробе для анализа, помещаемой в один отсек, зависит от диаметра сигарет и колеблется от 50 до 128, что может быть рассчитано путем регрессионного анализа, приведенного в Приложении В стандарта ГОСТ Р 55362—2012 (ИСО 3550-2:1997).

Критерии работы прибора для определения осыпаемости приведены в Приложении А: скорость вращения цилиндра, число оборотов, формирование испытательного цилиндра, количество стержней и расстояние между ними, размер поперечного сечения цилиндра.

Величину осыпаемости табака из открытых концов сигарет рассчитывают по среднему из пяти повторностей значению массы осыпавшегося табака на один открытый конец сигареты или на единицу площади открытых концов сигарет.

Методы, изложенные в стандартах по определению номинального диаметра и осыпаемости, будут использоваться при контроле качества продукции на стадии изготовления и на стадии обращения на рынке.

Для соблюдения требований разрабатываемого Технического регламента Таможенного союза на табачную продукцию необходим комплекс межгосударственных стандартов на методы и правила отбора проб, методы и средства контроля регулируемых показателей, точность методов и средств измерений для осуществления оценки соответствия.

ГНУ ВНИИТТИ Россельхозакадемии в 2012 г. проведена работа по переоформлению национальных стандартов в межгосударственные на следующие методы: определение содержания монооксида углерода в сигаретном дыме — ГОСТ 31630—2012 (ИСО 8454:2007) «Определение содержания монооксида углерода в газовой фазе

сигаретного дыма с помощью недисперсного (NDIR) анализатора», установление степени вентиляции сигарет, определяющей уровень безопасности продукции, — ГОСТ 31631—2012 (ИСО 9512:2003) «Сигареты. Определение степени вентиляции», применение контрольного образца при определении показателей безопасности для сигарет — смолы, никотина, монооксида углерода, — ГОСТ 31629—2012 (ИСО 16055:2003) «Табак и табачные изделия. Контрольный образец. Требования и применение», а также на метод отбора проб сигарет и на метод определения номинального диаметра сигарет и фильтрпалочек. [1, с.33] [2, с. 64]

В настоящее время институт разрабатывает первые редакции проектов межгосударственных стандартов:

• ГОСТ ИСО «Машина обычная лабораторная для прокуривания сигарет (курительная машина). Определение и стандартные условия» на основе ГОСТ ИСО 3308—2003 (ИСО 3308:2012) — с тем же названием;

• ГОСТ «Сигареты. Определение содержания никотина в конденсате дыма. Метод газовой хроматографии» на основе ГОСТ 30570—2003 (ИСО 10315:2013) — с тем же названием.

Применение новых стандартизованных методов контроля качества сигарет будет способствовать соблюдению требований Технического регламента Таможенного союза на табачную продукцию

Список литературы

1. Самойленко Н.П., Ястребова А.И., Белинская Н.Г. Национальные стандарты для контроля качества и безопасности табачной продукции // Стандарты и качество. — 2010. — № 9. — С. 32—34.
2. Самойленко Н.П., Ястребова А.И., Гнучих Е.В., Мирных Л.А. Новый национальный стандарт для табачной отрасли // Стандарты и качество. — 2010. — № 5. — С. 64—66.

УДК 711.4

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗМЕЩЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН НА ТЕРРИТОРИИ СУБЪЕКТА РФ (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Шеина С.Г., Хамавова А.А.

Информация о состоянии территориального развития субъекта РФ, как правило, представлена в виде совокупности сведений в письменной, графической, электронной или иной материальной форме о состоянии территории, в том числе сведений о деятельности государственных органов, органов местного самоуправления в области территориального планирования и градостроительного зонирования, определения кадастровой стоимости земельных участков, проектирования, нового строительства и реконструкции объектов строительства. Систематизация и обобщение всех видов информации о состоянии территориального развития субъекта РФ позволит облегчить процесс принятия градостроительных решений о размещении промышленных инвестиционных площадок и сделать его максимально обоснованным.

Комплексный анализ территории, обобщающий в себе все виды информации, для эффективного территориального развития достигается путем применения современных информационных систем, совершенствуя технологии для принятия обоснованных градостроительных решений. Системный подход к рассмотрению развития территории позволяет ей развиваться постепенно с пропорциональным развитием функциональных зон, с оптимизацией экологического состояния урбанизированных территорий, с улучшением обеспеченности застраиваемых территорий инфраструктурой.

Среда жизнедеятельности, в результате грамотного территориально-пространственного планирования, улучшается в соответствии с улучшением социально-экономических показателей развития территории, обосновывается количество новых объектов строительства, их характер, специфика их функционирования, что позволяет достичь оптимальных показателей использования территории.

Создание комплексной системы управления территориальным размещением промышленных зон и анализ всех уровней развития и планирования субъекта РФ, для обеспечения развития градостроительной деятельности, позволяет оптимизировать всю информацию о состоянии территориального развития субъекта РФ, включая следующие информационные модули (рис.1).

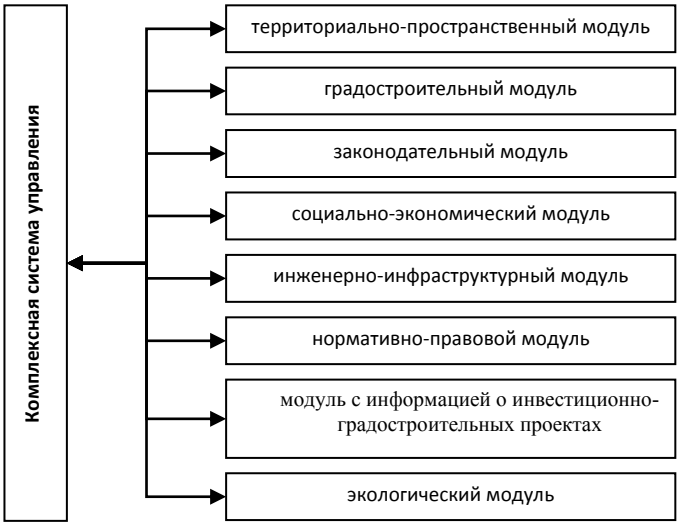


Рисунок 1 – Структура комплексной системы управления размещением промышленных зон

Использование взаимоувязанных баз данных позволяет одновременно получать и анализировать сведения из всех источников информации о состоянии территориального развития субъекта РФ, что даст возможность владеть достоверной информацией для обоснованного принятия обоснованных градостроительных и управленческих решений о планировании субъекта Российской Федерации.

Система управления вбирает в себя информацию о уровне развития муниципального образования, подтверждаемую органами статистики субъекта РФ. Для этого необходим их систематический сбор и анализ. Круг таких сведений должен быть достаточно широким, чтобы охватывать наибольшее число сведений и факторов, влияющих на это развитие.

Особое внимание принадлежит следующим положениям перечисленных категорий документов:

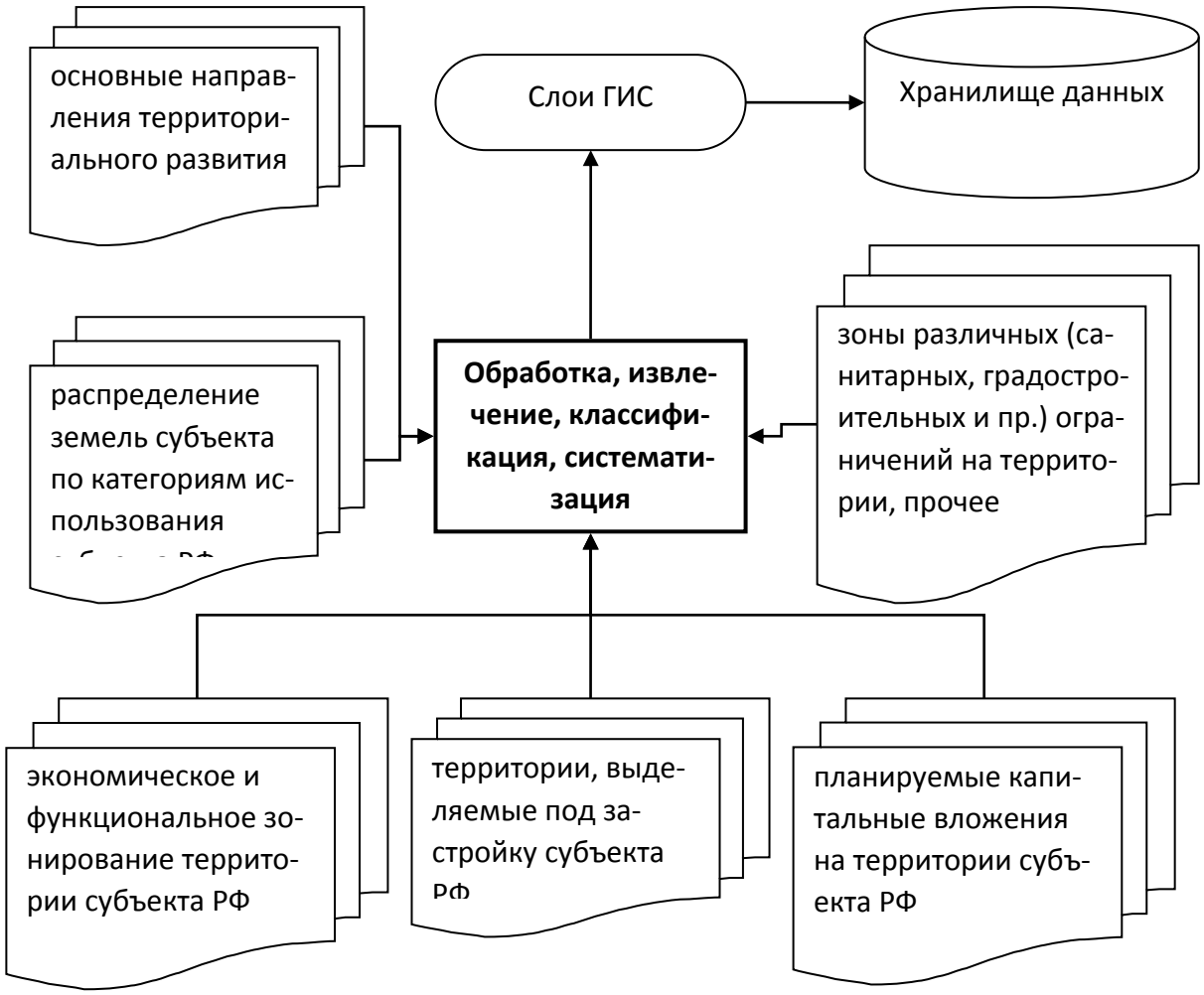


Рисунок 2 – Общая структура работы системы управления с информацией о состоянии территориального развития субъекта РФ

Современный этап градостроительного освоения Ростовской области, как и по всей России, связан с решением задач качественного обустройства и сохранения экологического равновесия. Масштабы и направления градостроительного освоения территории существенно различаются по территориальным зонам и районам области. Интенсивно развиваются и осваиваются пригородные зоны крупнейших городов, приграничье и территории, тяготеющие к международным транспортным коридорам. Поэтому акцент в комплексной оценке, прежде всего, был поставлен на выявлении резервов градостроительного освоения именно на этих территориях.

Для преодоления неравномерности развития муниципальных образований и решения проблем освоения депрессивных территорий администрацией Ростовской области произведены следующие мероприятия:

– созданы промышленные (индустриальные) парки;

– созданы центры коммерциализации технологий, территориальных, промышленных, инновационных и логистических комплексов, центры промышленного дизайна, центров технологической компетенции, центров субконтрактации, учебно-инновационных центры с учебно-демонстрационными площадками;

– разработаны градостроительные проекты инвестиционных площадок различного функционального назначения.

Площадки градостроительного освоения, выявленные в результате комплексной оценки далеко не исчерпывают перспективную потребность в них, но дают общее представление о направлениях территориального развития городских агломераций и новых зон освоения территории Ростовской области.

Комплексная оценка территории Ростовской области показывает наличие больших потенциальных резервов развития, соответственно баланс усовершенствования сложившейся планировочной структуры и функционального зонирования при этом необходимо учитывать, что любое преобразование на ее территории будет связано с достаточно серьезными ограничениями.

Территориальное планирование, ввиду своей ярко выраженной географической сущности, предрасположена к использованию Географических Информационных Систем (ГИС) в качестве проектной базы инвестиционно-градостроительных осуществления этой деятельности.

За 2012 год проведен мониторинг состояния заявок о планируемом размещении инвестиционно-градостроительных проектов промышленного назначения на территории муниципальных образований Ростовской области. Всего по Ростовской области насчитано 64 перспективные инвестиционные площадки промышленного назначения, включая индустриальные парки.

В среде ArcGIS ESRI разработан проект «ГИС Управление территориальным развитием». Выполнен анализ основных потенциалов районов Ростовской области (градостроительного, сельскохозяйственного, производственного). В проекте произведена комплексная оценка территории по всем факторам относительной ценности, произведен сравнительный анализ территории, параллельно нанесены заявленные промышленные зоны с привязкой их точного местоположения и занесением основных данных в атрибутивные таблицы проекта.

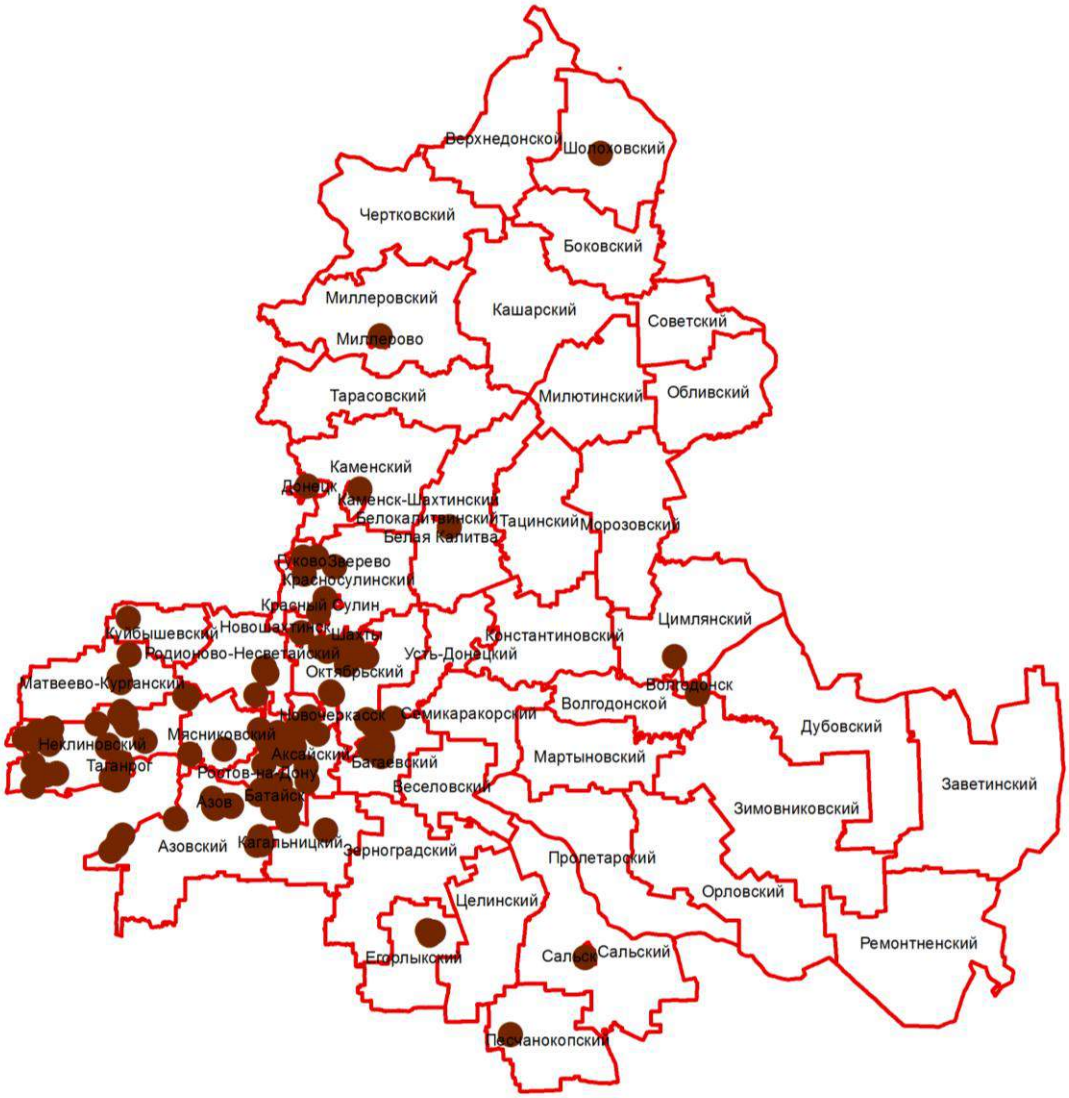


Рисунок 3 – Электронная карта Ростовской области с размещением заявленных промышленных зон

Использование ГИС позволило графически производить комплексный анализ территории по положениям Стратегии социально-экономического развития субъекта РФ, а также был проведен пространственный анализ территории и оценка факторов ценности. Факторы ценности моделируются при помощи слоев в проекте. Численный подсчет выраженности оценочных факторов производится в долях единицы, выражая тем своей величиной стоимостное выражение каждого фактора, относительно стоимости территории, его содержащего. Ниже приведен пример анализа Ростовской области.

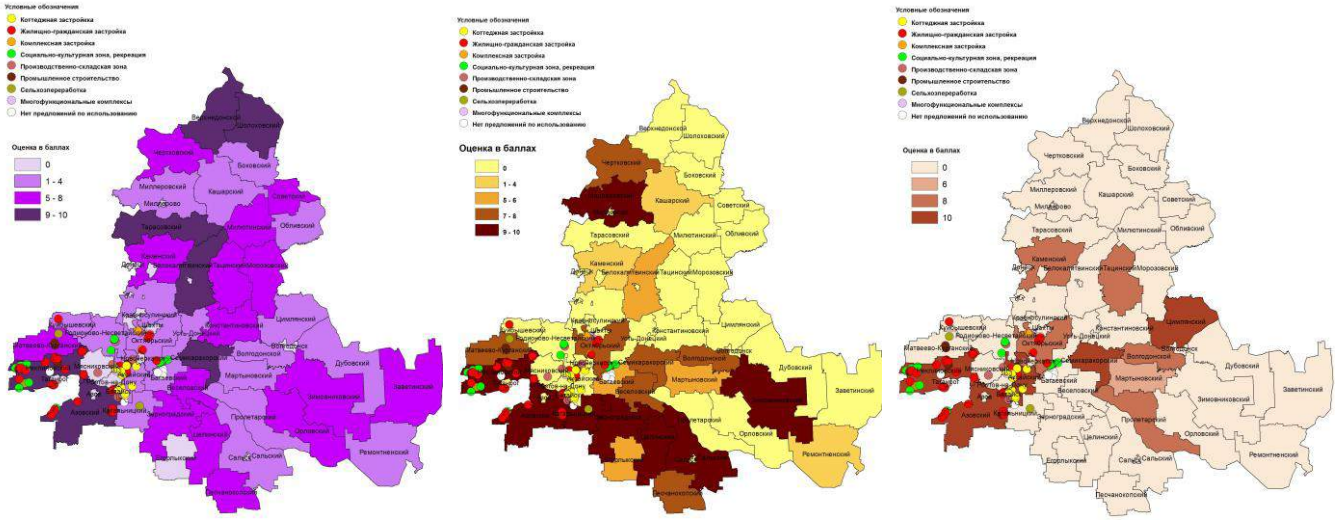


Рисунок 4 - Анализ потенциалов, слева направо: градостроительный потенциал, сельскохозяйственный потенциал, производственный потенциал

Технология ГИС обеспечивает мониторинг среды с помощью комплексной оценки территории, включающей сбор сведений и их анализ всех модулей развития субъекта РФ с разбивкой на оценочные участки, границы которых совпадают с границами муниципальных образований. Формат электронной карты позволяет лучшим образом производить пространственную оценку показателей соответствующих модулей, учитывая их географическое расположение.

Оптимальное градостроительное планирование и принятие управленческих решений осуществляется за счет сбора полной информации о состоянии территориального развития субъекта РФ, его оценки, на основании которой можно выносить предложения по размещению промышленных зон (индустриальных парков) на территории субъекта РФ

Список литературы:

1. Архитектура. Строительство. Инженерные системы: Монография. / А.В. Ищенко, Р.Б. Матвейко, А.А. Хамавова, С.Г. Шеина и др. – Новосибирск: НГТУ, 2012. – 466 с. – С. 304 – 311.
2. Матвейко Р.Б. Моделирование процесса управления городскими территориями // Строительство. 2007. Т. 2006. С. 185.
3. Методические основы геоинформационного обеспечения управления развитием территории : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.22 / Матвейко Роман Борисович – 154с.
4. Стратегия социально-экономического развития Ростовской области до 2020 года: Центр стратегических разработок «Северо-Запад». – СПб. – 2007. – 144 с.
5. Схема территориального планирования Ростовской области. – СПб.: ФГУП РосНИПИУрбанистики. – 2005. – С, 439 – 442.
6. Шеина С.Г., Матвейко Р.Б. Концептуальная модель оценки уровня социально-экономического развития территорий и формирование стратегий развития инвестиционной политики //Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. С. 818-821.
7. Шеина С.Г., Матвейко Р.Б. Комплексная оценка как основа территориального планирования субъекта Российской Федерации // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2010. № 4. С. 69-72.
8. Шеина С.Г., Матвейко Р.Б. Расчет функциональной специализации земель при проектировании и реализации схем территориального развития субъекта Российской Федерации // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2010. № 2. С. 10

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ПОРОШКА ОКИСИ ЦИРКОНИЯ НА СТРУКТУРУ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО СЛОЯ

Христосова Виктория Юрьевна

студент 4 курса Самарского аэрокосмического университета имени С.П. Королёва

THE INFLUENCE OF THE ZRO2 POWDER PARTICLE SIZE ON THE STRUCTURE OF THE THERMAL BARRIER LAYER

Hristosova Victory, Student of Samara State Aerospace University, Samara

АННОТАЦИЯ

Цель данной работы заключалась в исследовании влияния размера частиц порошка окиси циркония на структуру теплозащитного покрытия. Исследования проводились при помощи электронного микроскопа TESCAN Vega SB. В работе анализировались образцы порошка окиси циркония в исходном состоянии, после обработки плазмой и после нанесения покрытия. В результате можно сделать вывод, что при использовании порошка с фракциями в диапазоне 20-50 мкм, образуется покрытие с плотной пластинчатой структурой, с минимальным количеством дефектов.

ABSTRACT

The purpose of this work was to investigate the effects of the ZRO2 powder particle size on the structure of the thermal barrier layer. Studies were carried out using the TESCAN Vega SB electron microscope. In this paper we analyzed the samples from zirconium oxide powder in the initial state, after plasma treatment and after coating. As a result, we can conclude that using powder fractions in the range of 20-50 microns, the dense coating of lamellar structure with the minimum quantity of defects is formed.

Ключевыеслова: плазменное напыление; теплозащитное покрытие; порошок; оксид циркония; столбчатая структура.

Keywords: plasma spraying; thermal barrier layer; powder; oxide of zirconium; columnar structure.

В процессе эксплуатации газотурбинных двигателей, поверхность деталей (лопатки, камеры сгорания, и т.д.) испытывает высокотемпературную и коррозионную нагрузку ввиду специфики работы двигателя. Никелевые сплавы, из которых изготавливают детали газовых турбин, имеют температуру плавления 1200 … 1315 °С, в то время как температура газового потока составляет 1350 °С и выше. Для обеспечения работоспособности деталей в таких условиях часть воздуха, поступающего от компрессора, идет на охлаждение, что снижает эффективность двигателя и увеличивает расход топлива. Для того чтобы снизить эти потери, на детали и узла ГТД наносят теплозащитные покрытия [1, с.11157–11162] Наиболее часто в качестве материала теплозащитных покрытий используется окись циркония. Это вызвано в первую очередь ее низкой теплопроводностью, а также тем, что она имеет близкий к никелевым сплавам коэффициент термического расширения.

Для нанесения защитных покрытий на детали ГТД чаще всего используются три основных способа: физическое осаждение испаренного электронным лучом в вакууме материала (EB-PVD), химическое осаждение паров материала (CVD) и газотермическое напыление.

В работе исследовалось теплозащитное покрытие, полученное плазменным напылением порошка оксида циркония. *Плазменное напыление* (*Atmospheric Plasma Spray (APS))* является наиболее гибким из всех способов термического напыления, поскольку процесс происходит при температурах, достаточных для плавления любых материалов. Плазменное нанесение покрытий характеризуется получением плотных и малоокисленных покрытий, обладающих высокой прочностью сцепления с основой, высоким коэффициентом использования материала, сравнительно низкими эксплуатационными расходами, особенно при использовании сжатого воздуха вместо инертных газов.

Стойкость защитного покрытия к воздействию высокотемпературного газового потока зависит от наличия дефектов поверхностного слоя и качества структуры. В свою очередь структура покрытия зависит от технологических параметров напыления и, в том числе, от размера частиц исходного материала.

Таким образом, цель работы состояла в выявлении влияния размера частиц исходного материала на характер образования структуры теплозащитного покрытия.

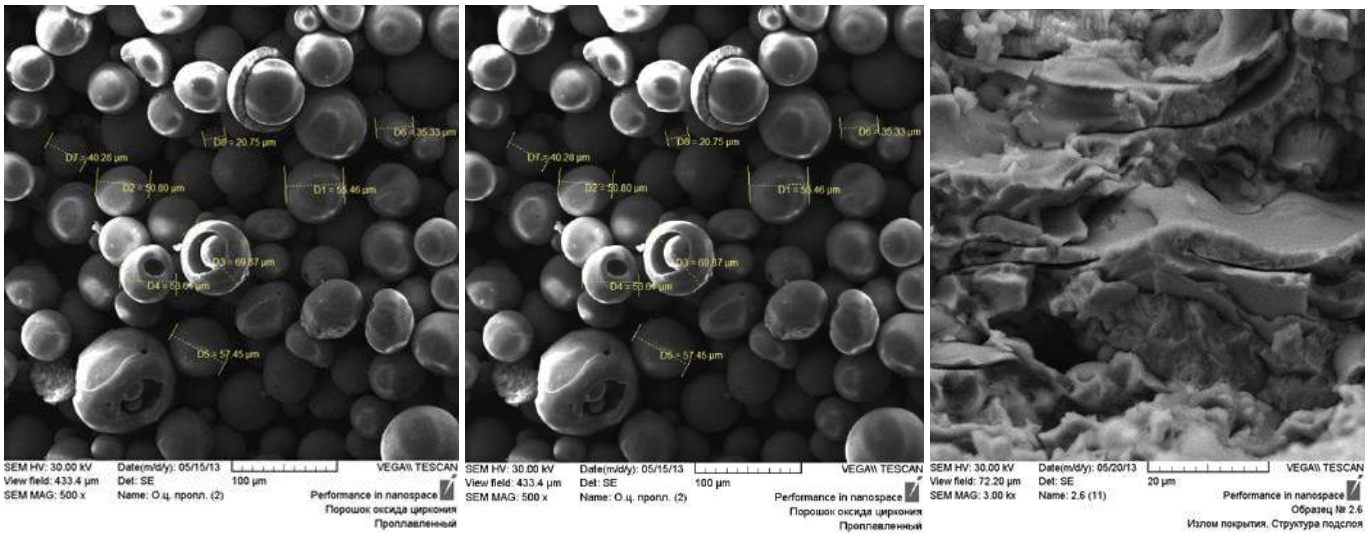
Выявить микроструктуру напыленного металлического защитного покрытия можно металлографическим или электронно-микроскопическим анализами. Существенным недостатком многих металлографических методов исследования является сложность выявления микроструктуры, малая глубина резкости и отсутствие количественной оценки результатов. Использование электронных микроскопов при исследовании защитных покрытий позволяет повысить разрешающую способность с 1 мкм (у оптического светового микроскопа) до 10 нм. В данной работе исследование исходных порошков и покрытий проводилось при помощи электронного микроскопа TESCAN Vega SB.

Исследованиям подвергались образцы порошка окиси циркония в исходном состоянии и после обработки плазмой, а также покрытие из этого порошка, нанесенное на модельную подложку, представляющую собой жаропрочный сплав на основе никеля. С целью защиты основного металла от окисления, и противодействия отслоению керамического слоя вследствие термического расширения, на основной металл наносился подслой NiCoCrAlY. Исследование частиц исходного порошка оксида циркония показали, что они в большинстве своём обладают правильной шарообразной формой и гладкой поверхностью. Диаметр фракций порошка колеблется в пределах 20-90 мкм. Среди них изредка встречаются полые или дефектные частицы неправильной формы (рисунок 1, а).

Для исследования влияния плазменной струи на форму частиц было произведено плазменное напыление порошка ZrO_2 в воду, после чего собранные частицы были высушены и исследованы с помощью электронного микроскопа. В пропущенном через высокотемпературную газовую струю порошке увеличилось количество частиц не правильной формы по сравнению с исходным порошком. В проплавленном порошке присутствуют полые фракции и частицы с растрескавшейся внешней оболочкой. Вероятнее всего в процессе плавки фракции малых размеров расплавлялись и налипали на нерасплавленные частицы крупных размеров. Так же встречаются осколки частиц порошка, образовавшиеся при соударении. Размеры частиц такого порошка так же лежат в диапазоне 20-90 мкм (рисунок 1, б).

В процессе нанесения защитного покрытия, ввиду высокой температуры, наносимый материал претерпевает мгновенные фазовые превращения, что неминуемо отражается на форме частиц и внутреннем строении материала покрытия. Под действием поверхностного натяжения расплавленные частицы приобретают форму сферы. Сферические частицы, падая на поверхность детали, растекаются и кристаллизуются. Очередные порции расплавленных частиц падают на уже закристаллизовавшиеся частицы покрытия, т.е. расплавленные частицы практически за все время напыления падают на затвердевшую поверхность и образуют пластинчатую структуру. При соударении крупных не расплавившихся частиц с поверхностью подложки образуются зоны оскольчатой и рыхлой структуры, обладающей меньшей прочностью [2, с.236]. Такое покрытие обладает меньшей стойкостью и быстро выкрашивается в процессе эксплуатации. Процесс сопровождается образованием микрополостей, которые заполняются газом. Так же в структуре присутствуют поры и микротрещины (рисунок 1, в).

Такое покрытие образуется при использовании порошка с частицами различных размеров. При использовании порошка с фракциями в диапазоне 20-50 мкм, образуется покрытие с плотной пластинчатой структурой, с минимальным количеством дефектов или их полным отсутствием.



а) б) в)

Рисунок 1. а) - внешний вид частиц исходного порошка ZrO_2; б)- внешний вид частиц порошка ZrO_2 после напыления; в) - структура теплозащитного покрытия.

Исследование структуры при больших увеличениях позволило выявить его строение, которое представляет собой плотную столбчатую структуру. Размер отдельных фрагментов структуры составляет 50-70 нм. Теплозащитные покрытия с открытой столбчатой структурой, которая считается наилучшей для теплозащитных покрытий, имеют высокие механические свойства, могут длительное время сопротивляться термическим ударам.

Изучение процесса изменения напыляемого материала под действием высокой температуры позволило более детально представить процесс образования защитного покрытия, проанализировать закономерности формирования структуры и прогнозировать его работоспособность.

Список литературы:

1. Aruna S.T., Arul Paligan B., Balaji N., Praveen Kumar V. Kumar Properties of plasma sprayed yttria stabilized zirconia thermal barrier coating prepared from co-precipitation synthesized powder. Ceramics International. Volume 40, Issue 7, Part B, August 2014
2. Абраимов Н.В., Елисеев Ю.С., Крымов В.В. Химико-термическая обработка и защитные покрытия в авиадвигателестроении: Учеб. пособие для вузов.- М.: Высш. шк., 1999.-525л.: ил.

О ПЕРЕНОСЕ ТЕПЛОТЫ И МАССЫ ДИФФУЗИЕЙ В ОГНЕУПОРНЫХ СИСТЕМАХ

Иванов Виктор Ильич
ст. научн. сотрудник, Запорожская государственная инженерная академия
Скачков Виктор Алексеевич
кандидат техн. наук, доцент, Запорожская государственная инженерная академия
Зинченко Владимир Юрьевич
кандидат техн. наук, доцент, Запорожская государственная инженерная академия
Мосейко Юрий Викторович
кандидат техн. наук, доцент, Запорожская государственная инженерная академия

ABOUT TRANSFER OF heat AND MASS BY DIFFUSION IN HEAT-RESISTANT SYSTEMS
Ivanov Victor, senior research worker, Zaporozhe state engineering academy
Skachcov Victor, candidate of techn. sciences, associate professor, Zaporozhe state engineering academy
Zinchenko Vladimir, candidate of techn. sciences, associate professor, Zaporozhe state engineering academy
Mosejko Yuri, candidate of pedag. sciences, associate professor, Zaporozhe state engineering academy

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены физико-математические модели переноса тепловой энергии и массы компонентов диффузией для термодинамических огнеупорных систем.

ABSTRACI

There are considered physics-mathematical models for transfer of thermal energy and mass of components by diffusion for the thermodynamic heat-resistant systems.

Ключевые слова: термодинамика необратимых процессов, огнеупорные системы, модели переноса диффузией.

Keywords: thermodynamics of irreversible processes, heat-resistant systems, models of transfer by diffusion.

В качестве отправного уравнения при построении математической модели баланса энергии и массы вещества в элементарном объеме термодинамической системы при ее взаимодействии с окружающей средой рассматривается уравнение второго начала термодинамики [1-3]:

$$dS = \frac{1}{T}dU + \frac{1}{T}P\,dV - \frac{1}{T}\cdot\sum_{k=1}^{n}\mu_k\,dM_k \quad , \qquad (1)$$

где dS , dV – полный дифференциал теплового состояния и изменение внутренней энергии термодинамической системы соответственно; P , T – давление и температура в системе соответственно; μ_k , dM_k – химический потенциал и приращение массы k -го компонента системы соответственно.

Рассматривая функции состояния термодинамической системы в отношении к единице ее массы (M) и умножая обе части уравнения (1) на плотность системы ρ , получают

$$dS_V = \frac{1}{T}dU_V + \frac{\rho\cdot P}{T}dV_m - \frac{1}{T}\cdot\sum_{k=1}^{n}\mu_k\,d\rho_k \qquad (2)$$

В субстанционной интерпретации для необратимых процессов уравнение (2) принимает вид:

$$\frac{dS_V}{d\tau} = \frac{1}{T}\frac{dU_V}{d\tau} + \frac{\rho\cdot P}{T}\frac{dV_m}{d\tau} - \frac{1}{T}\cdot\sum_{k=1}^{n}\mu_k\frac{d\rho_k}{d\tau} \qquad (3)$$

где τ – время.

При переносе тепловой энергии диффузией рассматривали закрытую термодинамическую огнеупорную систему, которая обменивается тепловой энергией с окружающей средой. Конвективная составляющая переноса тепловой энергии в системе отсутствует. Указанная система является твердым телом и изменением ее объема V можно пренебречь.

Тогда для уравнения переноса (3), которое характеризует изменение параметров состояния системы в пространственно-временных координатах для необратимых процессов, имеют место соотношения:

$$\frac{d\rho_k}{d\tau} = 0 \quad , \quad \frac{dV}{d\tau} = 0 \quad , \quad \frac{dS_V}{d\tau} \approx \frac{\partial S_V}{\partial\tau} \quad , \quad \frac{dU_V}{d\tau} = -\mathrm{div}\,J_U \quad . \qquad (4)$$

В связи с этим уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{dS_V}{d\tau} = -\frac{1}{T}\cdot\mathrm{div}\,J_U \quad . \qquad (5)$$

Используя соотношение $\mathrm{div}(y\cdot\vec{x}) = y\cdot\mathrm{div}\,x + \vec{x}\cdot\mathrm{grad}\,y$ и полагая, что $y = 1/T$ и $\vec{x} = \vec{J}_U$, можно записать

$$\frac{dS_V}{d\tau} = -\mathrm{div}\left(\frac{J_U}{T}\right) + \frac{J_U}{T^2}\cdot\mathrm{grad}\;T \quad . \qquad (6)$$

Согласно уравнению Умова

$$\frac{\partial S_V}{\partial\tau} = -\mathrm{div}\,J_S + \theta \qquad (7)$$

Сопоставление уравнений (6) и (7) позволяет получить соотношения

$$J_S = \frac{J_U}{T} \quad ; \qquad \theta = -\frac{J_U}{T^2}\cdot\mathrm{grad}\;T \qquad (8)$$

Исходя из теоремы о производстве энтропии

$$\theta\cdot T = \sum J_i\cdot X_i \quad , \qquad (9)$$

где θ – скорость производства энтропии внутри термодинамической системы за счет диссипативных эффектов необратимых процессов переноса тепловой энергии диффузией; J_i – удельный тепловой поток переноса, вызванный действием i -й силы; X_i – i -я термодинамическая движущая сила, – можно записать:

$$\theta\cdot T = -J_U\cdot\frac{1}{T}\cdot\mathrm{grad}\,T = J_U\cdot X_U \qquad (10)$$

Откуда

$$X_U = -\frac{1}{T}\cdot\mathrm{grad}\,T \qquad (11)$$

На основании принципа линейности поток внутренней энергии длч рассматриваемой системы определяется соотношением

$$J_U = L_U\cdot\left(-\frac{1}{T}\cdot\mathrm{grad}\,T\right) = -\frac{L_U}{T}\cdot\mathrm{grad}\,T \qquad (12)$$

где L_U – кинетический коэффициент переноса внутренней энергии системы, отображающий ее физические свойства и отношение к этому переносу.

Вводя обозначение $-L_U/T = \lambda$, получают

$$J_U = -\lambda\cdot\mathrm{grad}\,T \quad , \qquad (13)$$

Подставляя соотношение (13) в уравнение (2), имеют

$$\frac{\partial U_V}{\partial\tau} = -\mathrm{div}\,J_U = \lambda\cdot div\,\mathrm{grad}\,T = \lambda\cdot\nabla^2 T \qquad (14)$$

Поскольку энтальпия $h_V = U_V + P\cdot V$, то при $dV = 0$, $h_V = U_V$ и уравнение (12) можно записать в виде:

$$\frac{\partial h_V}{\partial\tau} = \lambda\cdot\mathrm{div}\,\mathrm{grad}\;T \qquad (15)$$

Уравнение (16) является дифференциальным уравнением переноса удельной энтальпии при взаимодействии закрытой системы с окружающей средой.

Известно, что $h_V = C_V\cdot T\cdot\rho$, где C_V – удельная массовая теплоемкость системы, тогда при $\rho, C_V \neq f(\tau)$ получают

$$\rho\cdot C_V\frac{\partial T}{\partial\tau} = \lambda\cdot\nabla^2 T \qquad (16)$$

или

$$\frac{\partial T}{\partial\tau} = \frac{\lambda}{C_V\cdot\rho}\cdot\nabla^2 T \qquad (17)$$

При $\lambda/C_V\cdot\rho = a$ имеют

$$\frac{\partial T}{\partial\tau} = a\cdot\nabla^2 T \quad . \qquad (18)$$

При переносе массы диффузией рассматривали открытую термодинамическую систему, которая обменивается массой вещества с окружающей средой. Данный процесс ограничивают отсутствием конвективной

составляющей процесса переноса массы в системе. Объем системы V при переносе массы диффузией не изменяется, а изменением энтальпии в системе при изменении концентрации массы можно пренебречь.

Тогда уравнение второго закона термодинамики принимает вид:

$$\frac{dS_m}{d\tau} = -\frac{1}{T}\cdot\sum_{k=1}^{n}\mu_k\frac{d\rho_k}{d\tau}, \quad (19)$$

Ограничивают рассматриваемый процесс переносом только одного компонента при $\mu_k = 0$, из уравнения (19) получают

$$\frac{dS_m}{d\tau} = -\frac{\mu}{T}\cdot\frac{\partial\rho}{\partial\tau} \quad (20)$$

Имея в виду, что $d\rho/d\tau = -\mathrm{div}\, J_D$, можно записать

$$\rho\frac{dS_m}{d\tau} = -\frac{\mu}{T}\cdot\mathrm{div}\, J_D \quad (21)$$

где J_D – удельный поток массы.

Используя известное соотношение из векторного анализа, имеют

$$\rho\frac{dS_m}{d\tau} = \mathrm{div}\left[\frac{\mu}{T}\cdot J_D\right] - J_D\cdot\mathrm{grad}\,\frac{\mu}{T}, \quad (22)$$

В уравнении (22) выделяют диссипативный член, отражающий количественную меру необратимости процесса:

$$\theta = -J_D\cdot\mathrm{grad}\,\frac{\mu}{T} \quad (23)$$

Из теоремы о производстве энтропии

$$\theta\cdot T = J_D\cdot X_D \quad (24)$$

где θ – скорость производства энтропии внутри системы за счет диссипативных эффектов необратимых процессов переноса массы вещества диффузией; J_D – удельный поток переноса, что вызвано действием термодинамической движущей силы переноса массы X_D – определяют X_D.

$$X_D = -T\cdot\mathrm{grad}\,\frac{\mu}{T} \quad (25)$$

Учитывая, что $\mathrm{grad}\,\frac{\mu}{T} = \frac{1}{T}\cdot\mathrm{grad}\,\mu - \frac{\mu}{T^2}\cdot\mathrm{grad}\,T$, при $\mathrm{grad}\,T = 0$ получают

$$X_D = -\mathrm{grad}\,\mu. \quad (26)$$

На основании феноменологического принципа линейности поток массы вещества в системе представляют соотношениям

$$J_D = L_D\cdot X_D = -L_D\cdot\mathrm{grad}\,\mu \quad (27)$$

где L_D – кинетический коэффициент переноса массы вещества, $L_D = D$, D – коэффициент диффузии.

Таким образом, дифференциальное уравнение массопроводности при переносе в системе диффузией одного компонента имеет вид:

$$\frac{\partial\rho}{\partial\tau} = D\cdot\nabla^2\mu. \quad (28)$$

При рассмотрении двухкомпонентной системы потенциал переноса массы μ одного из компонентов определяют разницей химических потенциалов переноса $\mu_1 - \mu_2$, то есть относительной величиной энергии, необходимой для переноса массы одного компонента в пространственную область, занятую другим компонентом и имеющим свой химический потенциал.

Тогда в формулу (24) вносят соответствующие изменения:

$$\theta = -\sum_{k=1}^{2} J_D\cdot\mathrm{grad}\,\frac{\mu_1 - \mu_2}{T} \quad (30)$$

Выводы. С позиции термодинамики необратимых процессов рассмотрены физико-математические модели переноса тепловой энергии и массы диффузией для компонентов огнеупорной системы.

Список литературы

1. Хаазе Р. Термодинамика необратимых процессов; под ред. А. В. Лыкова. М.: Мир, 1967.
2. Кубо Р. Термодинамика; под ред. Д. Н. Зубарева и Н. М. Плакиды. – М.: Мир, 1970.
3. Лыков А. В., Ю. А. Михайлов. Теория тепло- и массопереноса. М.:Л.: Энергия, 1063.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ АМОРФНЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Казанцев Александр Андреевич
аспирант Самарского Государственного технического университета
Инаходова Лолита Меджидовна
к.т.н., доцент Самарского Государственного технического университета

MODERNIZATION OF A DISTRIBUTION NETWORK BY AMORPHOUS POWER TRANSFORMERS
Kazantsev Alexandr, graduate student of Samara State Technical University, Samara
Inahodova Lolita, Candidate of Science, associate professor of Samara State Technical University, Samara

АННОТАЦИЯ

Излагается описание зарубежного опыта эксплуатации, конструкционные особенности трансформаторов с аморфным магнитопроводом. Представлено технико-экономическое обоснование их использования в распределительных сетях РФ. Приведены результаты моделирования замены традиционных трансформаторов на трансформаторы с сердечником из аморфной стали.

ABSTRACT

Sets out the description of the foreign operating experience, design features of transformers with amorphous magnetic circuit. Presented by the feasibility of their use in the distribution network of the Russian Federation. The results of the simulations replace traditional transformers transformers with a core of amorphous steel.

Ключевые слова: аморфные трансформаторы, аморфный сплав, энергосбережение, магнитопровод.

Keywords: amorphous transformers, amorphous alloy, energy saving.

Экономия электрической мощности и энергии является важнейшим направлением развития современных электрических сетей и систем электроснабжения (ЭССЭ). Особое значение это направление приобрело в связи с необходимостью повышения энергоэффективности использования электроэнергии и реализации программ энергосбережения. Суммарные потери электрической мощности и энергии (ПЭМЭ) являются одним из ключевых критериев результативности энергосбережения, которую вряд ли можно считать положительной, даже в ведущих развитых странах и энергообъединениях.

Так, например, в течение последних десяти лет Федеральная электросетевая корпорация США оценивает потери в своих распределительных сетях средних и низких классов напряжения на уровне 8 ÷ 11%. Можно констатировать, что этот уровень потерь для линий электропередачи, являющийся характерным средним значением для промышленно развитых стран мирового сообщества, нельзя признать отвечающим современным требованиям.

Поэтому, несмотря на то, что проблема снижения ПЭМЭ в электроэнергетике всегда была и есть в центре внимания эксплуатации, научных исследований, проектирования и конструирования новых электроустановок и процессов, можно констатировать ее непреходящую актуальность и необходимость поиска новых решений.

Компьютерные эксперименты, проведенные в ряде исследований в России в 2007 ÷ 2013 г.г. для характерных типичных режимов и конфигураций ЭССЭ 10 кВ и ниже, показали, что обобщенные результаты по потерям мощности оцениваются от 11 до 27,5% по различным регионам. Аналогичные показатели можно констатировать и в странах Евросоюза, где по отдельным группам электроустановок, в частности, в трансформаторах распределительных сетей они достигают уровня 17% от общего валового потребления, а иногда существенно превышают названные выше значения.

Однако кардинальное снижение ПЭМЭ может быть получено только на основе широкого применения инновационного электрооборудования, обладающего высокоэффективными характеристиками в основных электроэнергетических технологических процессах производства, передачи и преобразования параметров электрической энергии. Из большого числа типов, групп и конструкций таких электроустановок можно выделить управляемые источники реактивной мощности, линии электропередачи, силовые трансформаторы (СТ) и другие электроустановки, использующие эффект высокотемпературной сверхпроводимости, трансформаторы ЭССЭ с сердечниками из инновационных аморфных сплавов (АМТ) и др.

Аморфный сплав, так же известный как металлическое стекло, имеет некристаллическую, беспорядочную структуру. В его состав входят железо, никель, кобальт, хром и марганец и некоторые другие металлы (75 ÷ 85%) с добавлением небольшого количества (15 ÷ 20%): бора, углерода, кремния и фосфора. Свои основные свойства такие, как низкая коэрцитивная сила, легкое намагничивание и размагничивание, низкие удельные магнитные потери, он приобретает при охлаждении расплавленного аморфного сплава с высокой интенсивностью, достигающей ~10^6 °К / с.

Практика создания АМТ за рубежом показала, что в настоящее время для изготовления качественных магнитопроводов технологически наиболее целесообразно использование заготовок в виде ленты шириной до 220 мм и толщиной от 0,016 до 0,035.

В настоящее время для ЭССЭ России АМТ мощностью от 32 до 1000 кВА на напряжения до 10 кВ производит группа «Трансформер» (г. Москва), обеспечивая перспективы развития трансформаторостроения в данном направлении и реальную возможность эксплуатации АМТ как российской продукции в отечественной электроэнергетике.

При однозначно положительной экономической оценке этих высокоэффективных электроустановок можно отметить ряд их специфических эксплуатационных особенностей, которые должны учитываться при их широком внедрении в распределительных ЭССЭ.

Прежде всего, необходимо обратить внимание на значительные отличия в характере и количественных характеристиках физических процессов, происходящих в АМТ и традиционных СТ (ТСТ). Это связано с принципиальной разницей в магнитной структуре аморфных магнитных материалов и электротехнической трансформаторной стали SiFe и находит отражение в одной из основных характеристик магнитопроводов СТ, которой являются потери в стали $\Delta S_{ст} = \Delta P_{ст} + j\Delta Q_{ст}$, где $\Delta P_{ст}$ и $\Delta Q_{ст}$ приближенно определяются значениями активной и реактивной мощности в режиме холостого хода (ХХ).

Анализ физических процессов и результаты эксплуатации АМТ показали, что зависимость их магнитных потерь от частоты близка к квадратичной и, кроме того, для АМТ характерно насыщение, особенно на высоких частотах.

Суммарные потери P_{xx} в режиме ХХ (при номинальных значениях первичного напряжения и частоты) с учетом тока в обмотке I_{xx} можно записать в виде $\Delta P_{xx} = \Delta P_{ст} + I^2_{xx} r_1$, где r_1 - активное сопротивление первичной обмотки. Здесь не учтены малые диэлектрические потери из-за несовершенства изоляции, электромагнитные воздействия от соседних объектов и др.

Пользуясь известными данными, можно констатировать, что удельные значения активных потерь ХХ равны 0,9 ÷ 1,3 Вт/кг и 0,21 ÷ 0,26 Вт/кг, соответственно, для аморфных магнитных материалов и традиционной холоднокатанной электротехнической стали.

Известно несколько механизмов возникновения потерь в стали, в которых определяющую роль играют макро- и микровихревые токи, возникающие при изменении магнитного потока. Поэтому для объективного анализа ПЭМЭ в АМТ и ТСТ целесообразно его проведение

в статической и динамической формах, то есть по паспортным параметрам и, соответственно, по данным эксплуатации, измерений и компьютерных экспериментов). Для статического анализа использовались паспортные данные СТ 10 кВ.

Оценка позволяет констатировать, что активные потери в стали в АМТ в 3,5 ÷ 5, а реактивные – в 12 ÷ 20 раз меньше, чем у основного состава отечественного парка ТСТ. Кроме очевидного снижения активных потерь в стали необходимо отметить, что за счет значительного уменьшения тока ХХ у АМТ также снизятся потери полной, и, разумеется, активной и реактивной мощности в питающих ЛЭП.

Что касается потерь реактивной мощности $\Delta Q_{кз}$, то они для обоих видов СТ практически незначительно отличаются, хотя по абсолютной величине они значительно больше, чем $\Delta P_{кз}$, и, следовательно, их влияние на потери в питающих линиях практически одинаково.

В целом оценка результатов даже только статического анализа позволяет уверенно говорить о перспективе эффективного использования АМТ в обозримом будущем развития ЭССЭ с напряжениями до 10 кВ и мощностями до 2500 кВА. При этом нужно иметь ввиду, что реальная средняя загрузка СТ в отечественных ЭССЭ в основном не превышает 70% от номинальной.

Более полную и практически исчерпывающую информацию для сравнения АМТ и ТСТ дает динамическая оценка с помощью компьютерных экспериментов и данных эксплуатации.

Поэтому для компьютерных экспериментов был использован фрагмент сети 10 кВ ОАО «Самаранефтегаз», представленный на рис. 1, в котором смоделирована замена традиционных СТ на всех трансформаторных подстанциях на АМТ.

Физической основой компьютерных экспериментов является определение потерь активной и реактивной мощности в АМТ и ТСТ по известным выражениям:

$$\Delta P_{тр} = \Delta P_{хх} + \Delta P_{кз} \cdot k_з^2$$, где k – коэффициент загрузки

$$\Delta Q_{тр} = \Delta Q_{хх} + \frac{U_{кз\%}}{100\%} \cdot S_{ном} \cdot k_з^2$$

$$\Delta S = \Delta P_{хх} + \Delta Q_{хх}$$

Оценим эффективность применения АМТ по сравнению с ТСТ, определяя потери только в трансформаторах схемы на рис.1. При допущении равенства относительной загрузки всех трансформаторов. Обоснованием этого допущения диктуется целью поставленной в начале работы. Можно предположить, что потери во множественной части схемы лишь незначительно изменят оценку общей эффективности. Частная оценка собственно трансформаторной части, по мнению авторов более значимо отразит экономическую выгоду от применения обсуждаемых мероприятий.

Порядок проведения компьютерного эксперимента включает следующие позиции:

1) для заданного значения равного относительной загрузке для каждого трансформатора производится расчет абсолютной величины потерь соответственно для АМТ и ТСТ;

2) рассчитывается величина суммарных относительных потерь

$$\Delta П_{\%} = \frac{\sum_{i=1}^{8} \Delta S_i}{\sum_{i=1}^{8} S_{нi}}$$

3) определяется условная эффективность

$$Э_{\%} = 1 - \Delta П_{\%}$$

Для сравнительной оценки эффективности применения трансформаторов АМТ проведены компьютерные эксперименты по расчету потерь электрической мощности на участке сети ОАО Самаранефтегаз. Чтобы иметь базу для сравнения и сопоставления результатов были приняты следующие условия.

1. Рассматривались два варианта: в первом все трансформаторы имели исполнение ТСТ, во втором – АМТ.
2. Одинаковая нагрузка для 1 и 2 вариантов изменялась от 0 до 100% номинальной мощности каждого трансформатора.

Результаты проведенных экспериментов представлены графиками на рис. 2 и 3. стало видно, что энергоэффективность трансформаторов из аморфного сплава выше, чем энергоэффективность трансформаторов с традиционным исполнением магнитопровода.

Недостатком сердечников из аморфных материалов является их более высокая стоимость по сравнению с традиционными материалами: так у японской фирмы Hitachi эта разница достигает 15 ÷ 20%, а фирмы «Трансформер» разница в цене между ТСТ и АМТ достигает 30 ÷ 35%.

Таким образом, делаем вывод, что введение в эксплуатацию силовых распределительных трансформаторов с магнитопроводами из аморфных сплавов является одним из наиболее перспективных путей снижения технических потерь энергосистем. Производственные способности отечественных производителей в изготовлении «аморфных» трансформаторов развиваются быстрым темпом, и способны обеспечить спрос на данный тип трансформаторов.

Выводы

1. Ток ХХ и нагрев сердечника у АМТ по сравнению с ТСТ ниже на 70% и 60% соответственно.
2. Аморфные металлические материалы насыщаются при низких уровнях потока 1,56 Тл по сравнению с 2,04 Тл для традиционных материалов, что требует увеличения активной части в конструкции АМТ.
3. Аморфные металлические материалы хрупки, требуют специальной обработки в процессе изготовления, имеют низкий коэффициент заполнения конструкции до 85% по сравнению с 95 ÷ 98% для стальных сердечников, что увеличивает нагрузочные потери, и усложняет технологический процесс изготовления АМТ.
4. Низкие плотность магнитного потока и коэффициент заполнения приводят к увеличению сердечника и потерь в обмотке (проводнике), и увеличению производственных издержек.
5. Недостатком сердечников из аморфных материалов является их более высокая стоимость по сравнению с традиционными материалами.
6. Аморфные металлы имеют преимущества: - легче намагничиваются (низкая коэрцитивность и высокая проницаемость); - низкие магнитные потери (низкая коэрцитивность, высокая проницаемость и высокое сопротивление); - быстрее перемагничиваются (из-за низких магнитных потерь); - универсальные магнитные свойства после изготовления и широкий диапазон изменения химического состава.

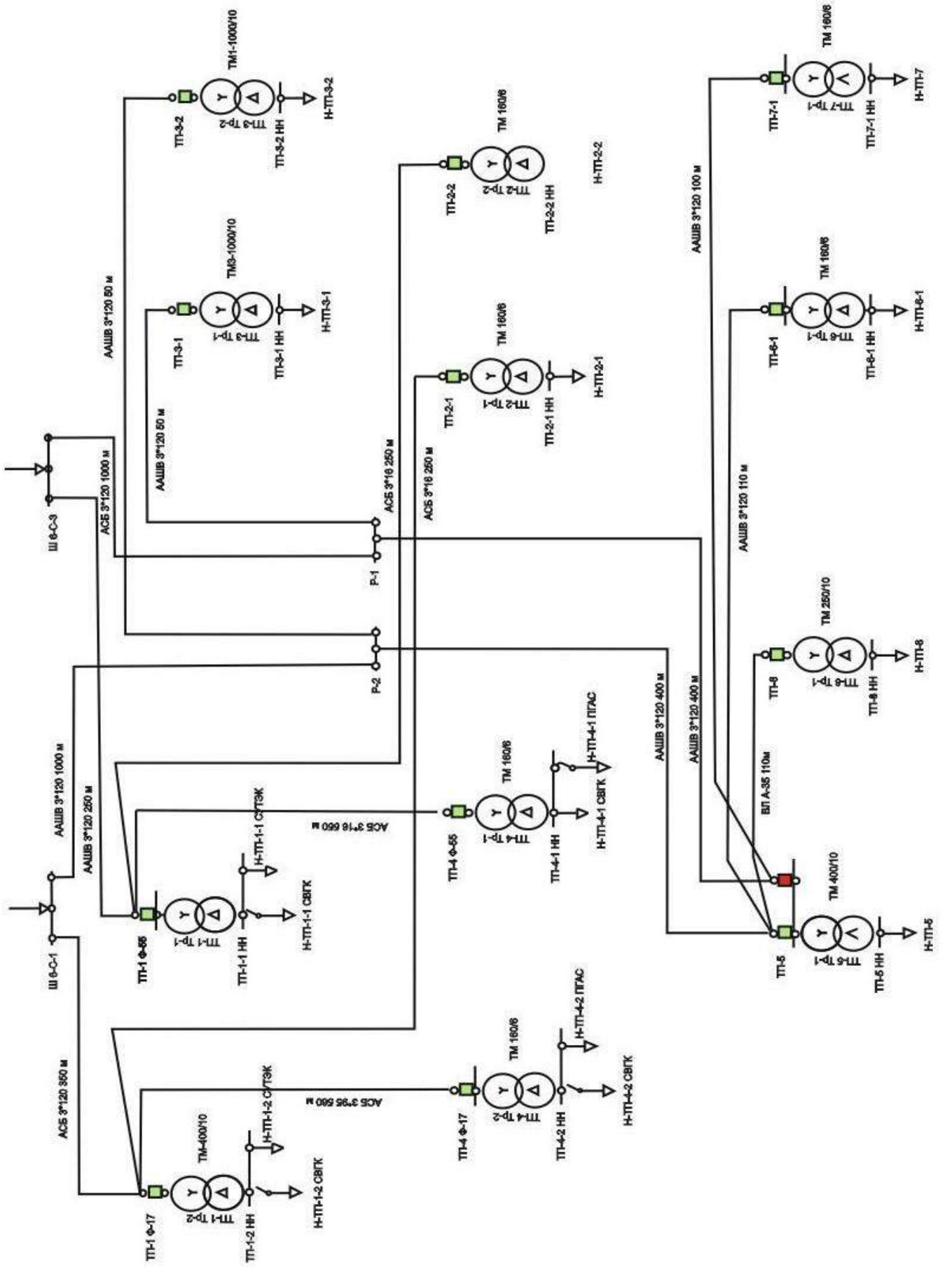


Рис. 1. Фрагмент сети 10 кВ ОАО «Самаранефтегаз»

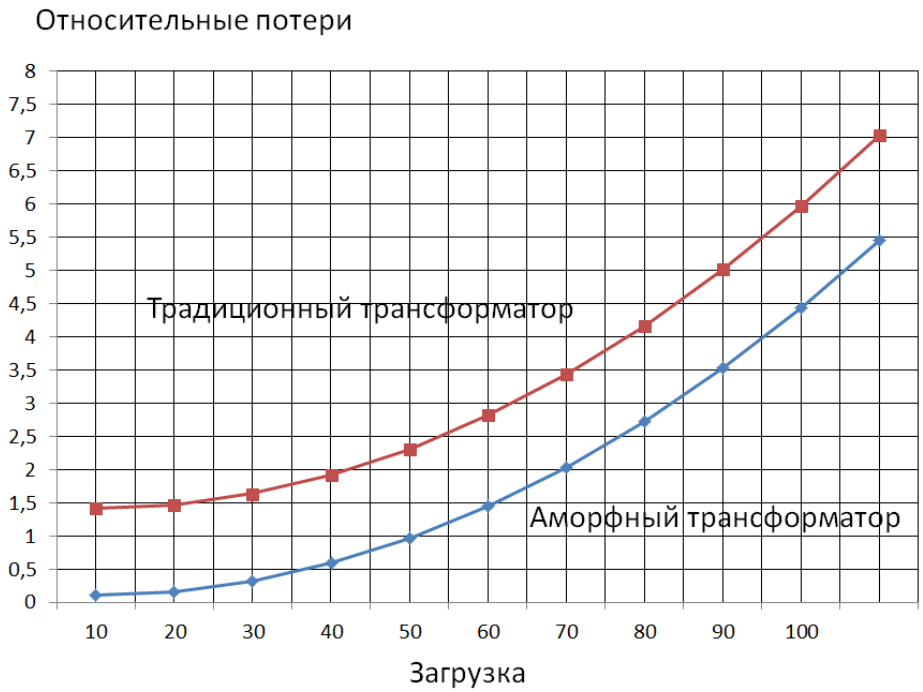


Рис. 2. График зависимости суммарных относительных потерь трансформатора от общего коэффициента загрузки.

Список литературы:

1. Инаходова Л.М.., Казанцев А.А. Сравнительный анализ технико-экономических показателей трансформаторов с различным исполнением сердечника // Актуальные научные вопросы современности. Материалы международной научно-практической конференции – Липецк., 2013. – С.19–21.
2. Исследование силового трансформатора с аморфным магнитопроводом / Инаходова Л.М.., Казанцев А.А. // Электрика. – 2013. - №5.
3. Савинцев Ю.М. ЭТК Русский трансформатор. СОВРЕМЕННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ: Анализ состояния производства в РФ силовых масляных трансформаторов I – III габарита. – URL: http://www.rus-trans.com/index.php?ukey=auxpage_sovremennie-transformatory Дата обращения: 07.09.2012.

УРАВНЕНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С СИНХРОННЫМ ВРАЩЕНИЕМ РОТОРА

Кохреидзе Демур Климентьевич

канд. техн. наук, профессор Грузинского Технического Университета, г. Тбилиси

EQUATIONS OF SWITCHING PROCESSES OF DC MOTOR WITH ROTOR SYNCHRONOUS ROTATION

Kokhreidze Demur, Candidate of Technical Science, Professor of Georgian Technical University, Tbilisi

АННОТАЦИЯ

На основе комплексного преобразования переменных для мгновенных значений величин получены уравнения коммутационных процессов двигателя постоянного тока с синхронным вращением ротора. На статоре двигателя имеется трехфазная замкнутая обмотка с полупроводниковым коммутатором. Ротор-явнополючный с электромагнитным возбуждением. Полупроводниковые переключатели обмотки статора управляются по сигналам датчика положения ротора. Уравнения записаны в скалярной форме для дальнейшего программирования на компьютере. При постоянной скорости вращения ротора полученные операторные уравнения решаются аналитически. Метод можно применить и для других схем при рассмотрении коммутации.

ABSTRACT

Based on a complex transformation of variables for the instantaneous values are obtained equations of switching processes of DC motor with rotor synchronous rotation. On the motor stator is a three-phase closed winding with a semiconductor switch. The rotor is salient-pole with electromagnetic excitation. The semiconductor switches of stator windings are controlled by signals from the rotor position sensor. The equations are written down in the scalar form for further programming on the computer. At constant rotor speed the obtained operator equations would be solved analytically. The method would be applied also for other schemes at switching consideration.

Ключевые слова: двигатель; полупроводниковый переключатель; коммутатор; датчик положения ротора; операторный метод.

Keywords: engine; semiconductor switch; switch; rotor position sensor; operator method.

Простота обслуживания и высокий КПД являются основными требованиями, которым должен отвечать современный электропривод. Интересным в техническом и экономическом отношений решением этой проблемы является двигатель постоянного тока с синхронным вращением ротора. Его преимуществами являются: быстродействие, хорошие регулировочные свойства лвигателя постоянного тока, отсутствие коллектора. Ограничения по мощности, характерные для коллекторных машин постоянного тока и зависящие от скорости, в этом случае места не имеют. На статоре двигателя расположена трехфазная замкнутая обмотка с мостовым тиристорным коммутатором на полностью управляемых переключателях. Переключатели управляются по сигналам датчика положения ротора. Машина имеет явновыраженные полюсы с электромагнитным возбуждением. В результате переключения коммутатором силовой обмотки статора в воздушном зазоре двигателя образуется вращающееся магнитное поле, которое увлекает за собой ротор. В течение одного полного поворота ротора происходит шестикратное переключение обмотки статора и частота переключения синхронизирована с угловой скоростью врашения ротора.

В каждом внекоммутационном интервале секции двигателя образуют две параллельные ветви – одна из которых содержит одну фазу машины, а вторая – две последовательно включенные другие фазы. В результате коммутации через $\frac{\pi}{3}$ электрический радиан поочередно в фазах происходит изменение направления тока. Коммутация тиристоров в рассматриваемом случае осуществляется с помощью ЭДС коммутируемой фазы, которая во время коммутации замкнута накоротко. Условием окончания коммутационного периода является уменьшение тока заканчивающего работу тиристора до нуля. Анализ коммутационных процессов в этом случае целесообразно проводить на основе комплексных уравнений переходных процессов машины синхронного типа с учетом специфики режима, возникающей в коммутационном интервале [1, с.114].

В коммутационном интервале имеем равенства:

$$U_1^c = U^c,\ U_2^c = 0,\ U_3^c = -U^c, \qquad (1)$$

$$i^c = i_1^c - i_3^c,\ i_2^c = i_1^c - i_k, \qquad (2)$$

где U_1^c, U_2^c, U_3^c, i_1^c, i_2^c, i_3^c – мгновенные значения токов и напряжений фаз обмотки статора;

U^c, i^c – напряжение и ток на входных зажимах машины;

i_k – ток заканчивающего работу тиристора в интервале коммутации.

С учетом равенств (1), (2) для результирующих векторов напряжения и тока статора в координатной системе торора имеем:

$$\dot{U}^c = e^{-j\theta_p}\sum_{k=1}^{3} U_k^c e^{j\alpha_k^c} = U_d^c + jU_q^c, \qquad (3)$$

$$\dot{I}^c = e^{-j\theta_p}\sum_{k=1}^{3} i_k^c e^{j\alpha_k^c} = I_d^c + jI_q^c, \qquad (4)$$

где $U_d^c = \frac{1}{2}U^c\left[3\cos(\theta_p - \alpha^c) + \sqrt{3}\sin(\theta_p - \alpha^c)\right];$

$$U_q^c = \frac{1}{2}U^c\left[\sqrt{3}\cos(\theta_p - \alpha^c) - 3\sin(\theta_p - \alpha^c)\right];$$

$$I_d^c = \frac{1}{2}(i^c + i_k)\cos(\theta_p - \alpha^c) + \frac{\sqrt{3}}{2}(i^c - i_k)\sin(\theta_p - \alpha^c)$$

$$I_q^c = \frac{\sqrt{3}}{2}(i^c - i_k)\cos(\theta_p - \alpha^c) - \frac{1}{2}(i^c + i_k)\sin(\theta_p - \alpha^c)$$

.

Уравнения коммутационных процессов в форме, удобной для решения на компьютере, по осям d и q имеют вид:

$$\frac{dI_d^c}{dt} = \frac{1}{x_d'}U_d^c - \frac{\mu}{\sigma x_m^{pc}}U^p - \rho_d' I_d^c + \frac{\omega_p x_q}{x_d'}I_q^c + \frac{\mu}{\sigma}\rho^{pc} i^p,$$

$$\frac{dI_q^c}{dt} = \frac{1}{x_q}U_q^c - \frac{\omega_p x_d}{x_q}I_d^c + \rho_q I_q^c - \frac{3}{2}\frac{\omega_p x_m^{cp}}{x_q}i^p,$$

$$\frac{di^p}{dt} = -\frac{2}{3}\frac{\mu}{\sigma x_m^{pc}}U_d^c + \frac{1}{\sigma x^p}U^p + \frac{2}{3}\frac{\mu}{\sigma}\rho^{pc}I_d^c - \frac{\mu}{\sigma}\frac{\omega_p x_q}{x_m^{pc}}I_q^c - \frac{1}{\sigma}\rho^p i^p$$

,

$$\frac{d\omega_p}{dt} = \frac{1}{J}(M_Э - M_В),$$

$$\frac{d\theta_p}{dt} = \omega_p,$$

$$M_Э = (x_d - x_q)I_d^c I_q^c + \frac{3}{2}x_m^{cp} I_q^c i^p,$$

$$i^c = \left[\cos(\theta_p - \alpha^c) + \frac{1}{\sqrt{3}}\sin(\theta_p - \alpha^c)\right]I_d^c + \left[\frac{1}{\sqrt{3}}\cos(\theta_p - \alpha^c) - \sin(\theta_p - \alpha^c)\right]I_q^c,$$

$$i_k = \left[\cos(\theta_p - \alpha^c) - \frac{1}{\sqrt{3}}\sin(\theta_p - \alpha^c)\right]I_d^c - \left[\frac{1}{\sqrt{3}}\cos(\theta_p - \alpha^c) + \sin(\theta_p - \alpha^c)\right]I_q^c,$$

$$U_d^c = \frac{1}{2}U^c\left[3\cos(\theta_p - \alpha^c) + \sqrt{3}\sin(\theta_p - \alpha^c)\right],$$

$$U_q^c = \frac{1}{2}U^c\left[\sqrt{3}\cos(\theta_p - \alpha^c) - 3\sin(\theta_p - \alpha^c)\right],$$

$$\mu = \frac{\frac{3}{2}x_m^{cp}x_m^{pc}}{x_d x^p};\ \sigma = 1 - \mu,\ x_d' = \sigma x_d,\ \rho_d = \frac{r^c}{x_d},$$

$$\rho_q = \frac{r^c}{x_q},\ \rho'_d = \frac{1}{\sigma}\rho_d,\ \rho^p = \frac{r^p}{x^p},\ \rho^{pc} = \frac{r^p}{x_m^{pc}},\ \rho^{cp} = \frac{r^c}{x_m^{cp}},$$

$$\alpha^c = \alpha_0^c + (n-1)\frac{\pi}{3},\ (n-1)\Delta \le t \le (n-1)\Delta + t_\gamma,\ n = 1,2,3,\ldots, \quad (5)$$

где Δ – длительность интервала между очередными коммутациями, которая при постоянной скорости вращения ротора равна

$$\Delta = \frac{\pi}{3\omega_p};$$

$t_{\gamma\omega}$ – длительность коммутационного интервала;

ω_p – угловая скорость вращения ротора.

С момента перехода тока i_k через нуль начинается внекоммутационный интервал, уравнения которого в форме, удобной для решения на компьютере, имеют следующий вид:

$$\frac{dI_d^c}{dt} = \frac{1}{1-\mu_1\cos^2(\theta_p-\alpha^c)}\left\{\frac{1}{x_{11}^{cc}}U_d^c - \frac{\mu_1}{x_m^{pc}}\cos^2(\theta_p-\alpha^c)U^p + \right.$$

$$+\left[\frac{2\omega_p x_0}{x_{11}^{cc}}\sin 2(\theta_p-\alpha^c)-\rho^c\right]I_d^c + \omega_p I_q^c +$$

$$\left.+\left[\frac{\omega_p x_m^{cp}}{x_{11}^{cc}}\sin(\theta_p-\alpha^c)+\mu_1\rho^{pc}\cos(\theta_p-\alpha^c)\right]\cos(\theta_p-\alpha^c)i^p\right\},$$

$$\frac{dI_q^c}{dt} = -\frac{1}{1-\mu_1\cos^2(\theta_p-\alpha^c)}\left\{\frac{\mu_1\sin 2(\theta_p-\alpha^c)}{2x_{11}^{cc}}U_d^c - \frac{1-\mu_1\cos^2(\theta_p-\alpha^c)}{2x_{11}^{cc}}U_q^c - \right.$$

$$-\frac{\mu_1\sin 2(\theta_p-\alpha^c)}{2x_m^{pc}}U^p + \left[\frac{\mu_1\sin 2(\theta_p-\alpha^c)}{2}\left(\frac{2\omega_p x_0}{x_{11}^{cc}}\sin 2(\theta_p-\alpha^c)-\rho^c\right)+\right.$$

$$\left.+\omega_p(1-\mu_1\cos^2(\theta_p-\alpha^c))\right]I_d^c - \left[(1-\mu_1\cos^2(\theta_p-\alpha^c))\left(\frac{2\omega_p x_0}{x_{11}^{cc}}\sin 2(\theta_p-\alpha^c)-\rho^c\right)-\right.$$

$$\left.-\frac{\mu_1}{2}\omega_p\sin 2(\theta_p-\alpha^c)\right]I_q^c + \left[\frac{\omega_p x_m^{cp}}{x_{11}^{cc}}\sin(\theta_p-\alpha^c)+\ \mu_1\rho^{pc}\cos(\theta_p-\alpha^c)\right]\sin(\theta_p-\alpha^c)i^p\Big\},$$

$$\frac{di^p}{dt} = -\frac{1}{1-\mu_1\cos^2(\theta_p-\alpha^c)}\left\{\frac{\mu_1}{2x_m^{cp}}U_d^c - \frac{1}{x^p}U^p + \mu_1\left[\frac{2\omega_p x_0}{x_m^{cp}}\sin 2(\theta_p-\alpha^c)-\frac{2}{3}\rho^{cp}\right]I_d^c + \right.$$

$$\left.+\frac{x_m^{pc}}{x^p}I_q^c + \left(\frac{\mu_1}{2}\omega_p\sin 2(\theta_p-\alpha^c)+\rho^p\right)i^p\right\},$$

$$\frac{d\omega_p}{dt} = \frac{1}{J}(M_Э - M_В),$$

$$\frac{d\theta_p}{dt} = \omega_p,$$

$$M_Э = (x_d - x_q)I_d^c I_q^c + \frac{3}{2}x_m^{cp}I_q^c i^p,$$

$$i^c = i_k = \frac{1}{\cos(\theta_p-\alpha^c)}I_d^c,$$

$$U_d^c = U^c\cos(\theta_p-\alpha^c),\ U_q^c = -U^c\sin(\theta_p-\alpha^c),$$

$$\mu_1 = \frac{x_m^{cp}x_m^{pc}}{x_{11}^{cc}x^p};\ \rho^c = \frac{R^c}{x_{11}^{cc}},\ x_{11}^{cc} = \frac{2}{3}x_s^c + x_m + x_0\cos 2(\theta_p-\alpha^c),$$

$$x_0 = \frac{1}{3}(x_d - x_q),\ \alpha^c = \alpha_0^c + n\frac{\pi}{3},\ (n-1)\Delta + t_\gamma \le t \le n\Delta,\ n = 1,2,3,\ldots. \quad (6)$$

В уравнениях (5), (6) верхний индекс «с» означает, что переменная или параметр относятся к статору, а индекс «р», соответственно, к ротору. Нижними индексами обозначают номера фаз соответствующих обмоток. В выражениях имеем следующие обозначения: x_m с соответствующим индексами – максимальное индуктивное сопротивление взаимоиндукции; x_s^c, x_s^p – индуктивные сопротивления рассеяния; x_d, x_q, x'_d – параметры синхронной машины; θ_p – угол поворота ротора; $M_Э$ – электромагнитный момент; M_B – момент внешних сил; J – момент инерции.

При постоянной угловой скорости $\omega_p = \text{const}$ уравнения (5) решаются операторным методом. Операторные уравнения в матричной форме имеют вид:

$$\begin{bmatrix} \dot V_1 \\ \dot V_2 \\ \dot V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p+\rho'_d & -\frac{\omega_p x_q}{x'_d} & -\frac{\mu}{\sigma}\rho^{pc} \\ \frac{\omega_p x_d}{x_q} & p+\rho_q & \frac{3}{2}\frac{\omega_p x_m^{cp}}{x_q} \\ -\frac{2}{3}\frac{\mu}{\sigma}\rho^{cp} & \frac{\mu}{\sigma}\frac{\omega_p x_q}{x_m^{cp}} & p+\rho^{p'} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_d^c \\ I_q^c \\ i^p \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где $\dot V_1 = \frac{1}{x'_d}U_d^c - \frac{\mu}{\sigma x_m}U^p + pI_{d0}^c,$

$$\dot V_2 = -\frac{2}{3}\frac{\mu}{\sigma x_m}U_d^c + \frac{1}{\sigma x^p}U^p + pi_0^p;\ \dot V_3 = -\frac{2}{3}\frac{\mu}{\sigma x_m}U_d^c + \frac{1}{\sigma x^p}U^p + pi_0^p;$$

$$U_d^c = \frac{1}{2}\left(3\frac{p^2\cos\alpha^c + p\omega_p\sin\alpha^c}{p^2+\omega_p^2} + \sqrt{3}\frac{p\omega_p\cos\alpha^c + p^2\sin\alpha^c}{p^2+\omega_p^2}\right);$$

$$U_q^c = \frac{1}{2}V^c\left(3\frac{p^2\cos^2\alpha^c + p\omega_p\sin\alpha^c}{p^2+\omega_p^2} + 3\frac{p^2\sin\alpha^c - p\,\omega_p\cos\alpha^c}{p^2+\omega_p^2}\right);$$

$$\dot U^p = U^p.$$

Решение (7) в области изображения имеет вид:

$$I_d^c = \frac{\Delta_1}{\Delta};\ I_q^c = \frac{\Delta_2}{\Delta};\ i^p = \frac{\Delta_3}{\Delta},$$

где $\Delta = (p-p_1)(p-p_2)(p-p_3),\ p_1 = -\alpha;\ p_2 = -\beta + j\nu;$

$$P_3 = -\beta - j\nu;$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \dot V_1 & -\frac{\omega_p x_q}{x'_d} & -\frac{\mu}{\sigma}\rho^{pc} \\ \dot V_2 & p-\rho_q & \frac{3}{2}\frac{\omega_p x_m}{x_q} \\ \dot V_3 & \frac{\mu}{\sigma}\frac{\omega_p x_q}{x_m} & p+\rho'_p \end{vmatrix}; \quad (8)\quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} p+\rho'_d & \dot V_1 & -\frac{\mu}{\sigma}\rho^{pc} \\ \frac{\omega_p x_d}{x'_q} & \dot V_2 & \frac{3}{2}\frac{\omega_p x_m}{x_q} \\ -\frac{2}{3}\frac{\mu}{\sigma}\rho^{cp} & \dot V_3 & p+\rho'_p \end{vmatrix}, \quad (9)\quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} p+\rho'_d & -\frac{\omega_p x_q}{x'_d} & \dot V_1 \\ \frac{\omega_p x_d}{x'_q} & p+\rho_q & \dot V_2 \\ -\frac{2}{3}\frac{\mu}{\sigma}\rho^{cp} & \frac{\mu}{\sigma}\frac{\omega_p x_q}{x_m} & \dot V_3 \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Для определения продольных d и поперечных q составляющих токов в функции времени имеем:

$$I_d^c(t) = I_{dy} + \sum_{k=1}^{3}\frac{\Delta_1(p_k)}{p_k\Delta'(p_k)}e^{p_k t},\ I_q^c(t) = I_{qy} + \sum_{k=1}^{3}\frac{\Delta_2(p_k)}{p_k\Delta'(p_k)}e^{p_k t},\ I_d^c(t) = i^p(t) = i_{py} + \sum_{k=1}^{3}\frac{\Delta_3(p_k)}{p_k\Delta'(p_k)}e^{p_k t}, \quad (11)$$

где

$$I_{dy} = \frac{\Delta_1(0)}{\Delta(0)};\ I_{qy} = \frac{\Delta_2(0)}{\Delta(0)};\ i_{py} = \frac{\Delta_3(0)}{\Delta(0)}. \quad (12)$$

Характеристическое уравнение $\Delta = 0$ имеет один действительный корень и два сопряженных. Соответственно токи содержат апериодически и периодически затухающие составляющие. Мгновенное значение токов статора и ротора

определяются обратным преобразованием через продольные и поперечные составляющие этих токов следующим образом:

$$i_k^c = \frac{2}{3} R_e \left[\left(I_d^c(t) + jI_q^c(t) \right) e^{j\theta_p} e^{-(k-1)\frac{2\pi}{3}} \right] = \frac{2}{3} \left\{ I_d^c(t) \cos\left[\theta_p - (k-1)\frac{2\pi}{3} \right] - I_d^c(t) \sin\left[\theta_p - (k-1)\frac{2\pi}{3} \right] \right\},$$

$$i_k = i_1^c - i_2^c = -\frac{2}{\sqrt{3}} \left[I_d^c(t) \sin\left(\theta_p - \frac{\pi}{3} \right) + I_q^c(t) \cos\left(\theta_p - \frac{\pi}{3} \right) \right]. \quad (13)$$

К началу коммутации при $t = t_0$, $\theta_p = \theta_0$, $i_k = i_0^c = i_{10}^c - i_{20}^c$. К моменту окончания коммутации при $t = t_\gamma$, $\theta_p = \theta_0 + \gamma$, $i_k = 0$. Из последнего равенства определяется угол коммутации γ.

Выводы

1. При рассмотрении коммутационных процессов в машинах синхронного типа при разных схемах соединения полупроводникового коммутатора целесообразно применение метода комплексного преобразования переменных для мгновенных значении величин.
2. Полученные уравнения коммутационнных процессов позволяют учитывать все параметры машины при коммутации в переходном процессе с учетом несимметричных режимов.
3. В установившихся режимах во время коммутации в уравнениях для мгновенных значений величин активные сопротивления фаз принимают равными нулю. В этом случае коммутационный процесс длится кратковременно и затуханием тока можно пренебречь. Для определения коммутационных процессов целесообразно пользоваться уравнениями в собственных координатах, в которых отсутствует ЭДС вращения. Комплексы токов при коммутации определяются решением алгебраических уравнений. Мгновенные значения определяются при помощи обратного преобразования.

Список литературы:

1. Лутидзе Ш.И., Михневич Г.В., Тафт В.А. Введение в динамику синхронных машин и машинно-полупроводниковых систем: монография. М.: Наука, 1973. – 338 с.

ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ СТЕКЛОКОМПОЗИТНЫХ СТЕРЖНЕЙ К ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ

Краснов Аким Аркадьевич
аспирант Бийского технологического института (филиала) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, Бийск
Савин Владимир Фёдорович
кандидат технических наук, Бийск
Блазнов Алексей Николаевич
доктор технических наук, профессор Бийского технологического института (филиала) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, Бийск

CHEMICAL RESISTANCE OF FIBERGLASS MATERIALS IN AN ALKALINE ENVIRONMENT
Krasnov Akim Arkadevich, postgraduate student of Byisk Institute of Technology (Branch) of Altai State Technical University Byisk
Savin Vladimir Fedorovich, Candidate of Science, Byisk
Blasnov Alexey Nikolaevich, Doctor of Science, professor of Byisk Institute of Technology (Branch) of Altai State Technical University, Byisk

АННОТАЦИЯ

В данной работе была поставлена задача: определить зависимость разупрочнения стеклопластиковых стержней от времени пребывания их в щелочной агрессивной среде (0,1Н растворе NaOH) и от температуры среды, в которой экспонируют образцы. Проведенные испытания позволили достаточно точно определить зависимость разупрочнения стеклопластиковой арматуры от времени пребывания в агрессивной среде и от температуры среды. Для стержней диаметром 5.5 среднеквадратичное отклонение расчета от эксперимента составило $\sigma_{ср}$ *= 56,4 МПа, коэффициент вариации 2,8% Для стержней диаметром 7.5* $\sigma_{ср}$ *= 81,1 МПа, 4,5%*

ABSTRACT

In this paper was tasked to determine the dependence of the weakening of fiberglass rods from the time of their stay in alkaline aggressive environment (with 0.1 N solution of NaOH) and the temperature of the environment were exposed. The tests carried out allowed a sufficiently accurate to determine the dependence the weakening fiberglass rods on the residence time in aggressive environments and the temperature environment. For rods with a diameter 5.5 mean square deviation of the experiment values was $\sigma_{ср}$ *= 56,4 MPa, the coefficient of variation of 2,8%. To rods with a diameter 7.5* $\sigma_{ср}$ *= 81,1 MPa, 4,5%.*

Ключевые слова: химическая стойкость; химическое старение; стеклопластиковые композиционные материалы.

Keywords: chemical resistance; chemical aging; fiberglass materials.

Стержневые полимерные композитные материалы получают всё более широкое распространение и применение [1]. Очень часто в составе изделий детали или элементы деталей из этих материалов выполняют конструкционные функции, т.е. несут ответственность за эксплуатационные и, в частности, за прочностные свойства. В конкретных приложениях, композитные стержни в процессе длительной эксплуатации изделий, в которых они применены, могут подвергаться длительному воздействию той или иной агрессивной среды. Примером могут служить композитные гибкие связи трехслойных стеновых конструкций из бетонов или строительных камней, а также композитная арматура бетонных изделий. В этом случае агрессивной средой для композита служит поровая жидкость бетона или строительного раствора. Она имеет выраженный щелочной характер с показателем pH≈13. При длительном воздействии эта среда может вызывать снижение прочности композита. Таким образом, задачи исследования и прогнозирования прочности конкретных композитных изделий с учетом их старения в агрессивной среде является актуальными. Обычно их решают путем лабораторного исследования процессов старения (изучением изменений прочности изделия в зависимости от времени и температуры старения), аппроксимацией полученных результатов эмпирическими выражениями и прогнозированием по этим выражениям прочности при реальных условиях эксплуатации изделий.

Наиболее важным этапом решения этой задачи является поиск наиболее корректной функции для аппроксимации результатов эксперимента. Речь идет о такой функции, которую можно без большого риска использовать при дальней экстраполяции, когда значения аргумента (длительности воздействия агрессивной среды) далеко выходят за рамки того эксперимента, в ходе которого были получены эмпирические параметры функции. Это одно из условий, при выполнении которого возможна оценка эксплуатационной пригодности большинства изделий технического назначения.

Другой проблемой при решении стоящей перед экспериментатором задачи, является сочетание двух факторов:

- малые значения наблюдаемого в процессе эксперимента эффекта (относительного снижения прочности);
- большие (сопоставимые с наблюдаемым эффектом) значения разбросов измеряемой величины – временного сопротивления.

Поиск эмпирической функции затруднен тем обстоятельством, что при обычных условиях эксплуатации реальные изделия старятся очень медленно. Для решения этой проблемы обычно, опираясь на закон Аррениуса, прибегают к искусственному ускорению процесса старения путем проведения экспериментов при повышенных температурах [2, 3].

В условиях больших разбросов измеряемой величины возникает необходимость применения статистических подходов при анализе результатов экспериментов, требующих получения и обработки больших массивов данных.

Сформулируем основные требования, которым должна удовлетворять эмпирическая функция, описывающая зависимость показателя старения материала от времени старения:

- она должна быть монотонной (монотонно возрастающей или монотонно убывающей) в области положительных значений времени старения;
- она должна иметь минимальное количество эмпирических параметров (констант), не зависящих от времени и температуры старения. Для этого, например, она должна проходить через определенную точку на оси ординат. Идеальным будет условие, если она пройдет через начало координат;
- значение коэффициента достоверности аппроксимации (R^2) функции, должно быть, по возможности, близким к единице, где R – коэффициент корреляции;

Применим приведенные выше рекомендации к обработке реального экспериментального исследования.

В этом исследовании была поставлена задача: определить снижения временного сопротивления стеклопластиковых стержней от времени пребывания их в щелочной агрессивной среде (0,1 нормальном растворе NaOH) и от температуры среды, в которой экспонируют образцы. Показатель pH такого раствора, равный 13, соответствует pH поровой жидкости влажного бетона.

Было испытанно, 34 группы образцов стекло композитных гибких связей марок (СПА Ø7,5 мм и 5,5 мм), прошедших старение при различных режимах, включая группу образцов, не прошедших химического старения. Количество образцов в группе N колебалось в пределах от 9 до 40 шт. Испытания образцов проводили методом продольного изгиба [4] при скорости сближения торцов образцов, равной 10 мм/мин. При испытаниях определяли исходные значения временного сопротивления $R_и$ и значения временного сопротивления состаренных образцов $R_{ст}$.

Результаты испытания для образцов СПА Ø5,5, СПА Ø7,5, а также результаты предварительной их обработки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний

Температурный режим, С	Время старения групп, ч.	Ср. значение временного сопротивления , при поперечном изгибе, МПа		Коэффициент старения, $\gamma_{ст}$	
		СПА Ø7.5	СПА Ø5.5	СПА Ø7.5	СПА Ø5.5
50 С	288	1619,8	1872,5	0,891862	0,929696
	576	1642,5	1875,5	0,904361	0,931185
	864	1581	1805,7	0,870499	0,896529
	1152	1607,6	1873,8	0,885145	0,930341
	1440	1607,4	1809,6	0,885035	0,898466
80 С	72	1639,4	1908,1	0,902654	0,947371
	144	1594,9	1840	0,878152	0,913559

Температурный режим, С	Время старения групп, ч.	Ср. значение временного сопротивления , при поперечном изгибе, МПа		Коэффициент старения, $\gamma_{ст}$	
		СПА Ø7.5	СПА Ø5.5	СПА Ø7.5	СПА Ø5.5
	216	1634,6	1775,6	0,900011	0,881585
	288	1731,4	1771,3	0,953309	0,87945
	360	1629,5	1859,9	0,897203	0,92344
100 С	9	1651	1835,3	0,909041	0,911226
	18	1600,6	1807	0,881291	0,897175
	27	1567,2	1816,2	0,862901	0,901743
	33	1588,9	1763,3	0,874849	0,875478
	45	1547,6	1828,1	0,852109	0,907651
23 С	1440	1805,2	1958,6	0,993943	0,972444
	2880	1734,3	1901,3	0,954906	0,943995
	4320				
	5760				
	7200				
Без химического старения	0	1816,2	2014,1	1	1

Из таблицы 1 видно, что случайные отклонения значений прочности достаточно велики и в большинстве случаев сопоставимы со значениями снижения прочности образцов, вызванными их старением.

В настоящее время принято, что эффект старения материала или изделия характеризуют коэффициентом старения, представляющим собой отношение $\gamma_{cm} = \frac{R_{ст}}{R_{и}}$. Однако недостаток этой величины состоит в том, что в момент времени, равный нолю она имеет значение равное единице. То есть кривые, описывающие процесс старения, в этом случае выходят не из начала координат, а из точки $\gamma_{ст}$=1, что очень не удобно при поиске аппроксимирующих выражений. Для преодоления этого недостатка воспользуемся другой (производной от $\gamma_{ст}$) величиной

$$K_{ст} = \left(\frac{1}{\gamma_{cm}} - 1\right) = \left(\frac{R_{и}}{R_{ст}} - 1\right), \quad (1)$$

которую назовем показателем старения. Эта функция выходит из точки с координатами (0; 0) и монотонно возрастает с увеличением времени старения, если величина $\gamma_{ст}$ монотонно убывает в процессе старения.

Далее, для аппроксимации результатов испытаний, проведенных при разных температурах, воспользуемся семейством наиболее простых функций

$$K_{ст} = a \cdot \exp\left(-\left(\frac{U_0}{R \cdot T}\right)\right) \cdot \sqrt{\tau}, \quad (2)$$

представляющими собой канонические уравнения параболы для заданных значений температуры, где a, 1/ч^{0,5}. и U_0, Дж/моль – эмпирические константы; R=8,314 Дж/моль·К – универсальная газовая постоянная; τ, ч – время; Т, К – температура.

Преобразуем уравнение (2) к виду

$$\ln\left(\frac{K_{ст}}{\sqrt{\tau}}\right) = \ln(a) - \frac{U_0}{R \cdot T} \quad (3)$$

Используя систему координат $\ln\left(\frac{K_{ст}}{\sqrt{\tau}}\right)$ - $\left(\frac{1}{T}\right)$ и данные таблицы 1, методом наименьших квадратов найдем константы ln(a) и U_0 уравнения 2

Для стержней диаметром 7.5 мм константа ln(a)=11,047 а удельная энергия активации процесса старения (константа) U_0=45588 Дж/моль, а для стержней диаметром 5.5 мм константы ln(a)=7,188 и U_0=26368 Дж/моль соответственно.

Тогда формула (1) для арматуры диаметром 5.5 и 7.5 примет вид:

$$R_{ст} = \frac{R_{и}}{\left(1 + \exp\left(7.188 - \frac{4176.1}{T}\right) \cdot \sqrt{\tau}\right)} \quad \text{и}$$

$$R_{ст} = \frac{R_{и}}{\left(1 + \exp\left(11.047 - \frac{5483.3}{T}\right) \cdot \sqrt{\tau}\right)} \quad (4)$$

соответственно.

Расчёт напряжения, полученный с помощью (4) представлен в таблице 2 вместе с соответствующими экспериментальными значениями разрушающего напряжения.

Таблица 2

Зависимость временного сопротивления от длительности и температуры старения.

Время, ч/температура, °С	СПА Ø5.5		СПА Ø7.5	
	Расчётное значение $R_{ст}$, МПа	Экспериментальное значение $R_{ст}$, МПа	Расчётное значение $R_{ст}$, МПа	Экспериментальное значение $R_{ст}$, МПа
9/100	1910,1	1835,3	1685,3	1651
18/100	1870,1	1807	1636,4	1600,6
27/100	1840,5	1816,2	1600,8	1567,2
33/100	1823,9	1763,3	1581,0	1588,9
45/100	1795,5	1828,1	1547,4	1547,6
72/80	1862,0	1908,1	1657,8	1639,4
144/80	1805,5	1840	1600,0	1594,9
216/80	1764,5	1775,6	1558,3	1634,6
288/80	1731,3	1771,3	1524,8	1731,4
360/80	1703,1	1859,9	1496,5	1629,5
288/50	1910,1	1872,5	1737,7	1619,8
576/50	1870,1	1875,5	1707,2	1642,5
864/50	1840,5	1805,7	1684,5	1581
1152/50	1816,3	1873,8	1665,8	1607,6
1440/50	1795,5	1809,6	1649,6	1607,4
1440/20	1950,9	1958,6	1784,5	1805,2
2880/20	1925,9	1901,3	1771,7	1734,3

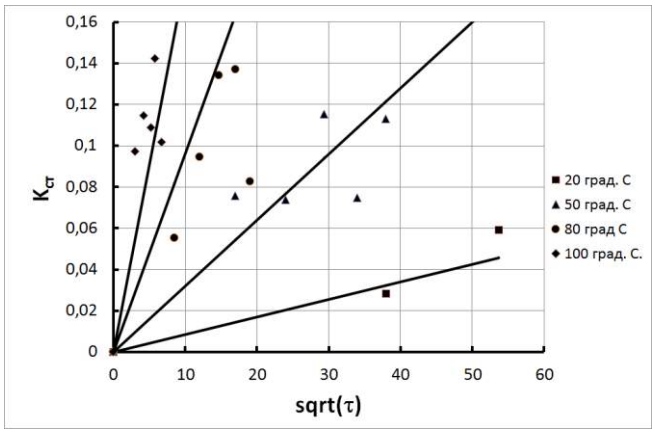
По данным таблицы 2 был произведён расчёт среднеквадратичного отклонения расчетных значений от экспериментальных.

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{\left(R_э - R_p\right)^2}{n}},$$

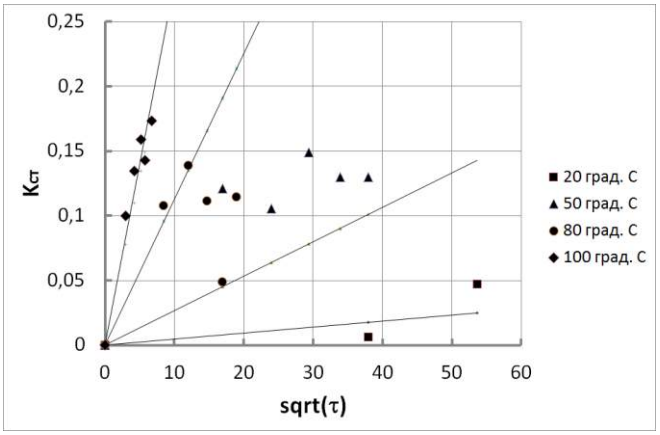
где σ - среднеквадратичное отклонение, R_p - расчётное значение временного сопротивления состаренных образцов , $R_э$ - экспериментальное значение временного сопротивления состаренных образцов.

Для стержней диаметром 5.5 среднеквадратичное отклонение расчета от эксперимента составило $\sigma_{ср}$ = 56,4 МПа, коэффициент вариации 2,8%

Для стержней диаметром 7.5 среднеквадратичное отклонение расчета от эксперимента составило $\sigma_{ср}$ = 81,1 МПа, коэффициент вариации 4,5%.



СПА-5,5 мм



СПА-7,5 мм

Рисунок 1. Зависимость показателя старения от времени.

Расчет прогнозируемых после ста лет выдержки в щелочной среде в условиях умеренного климата России показал значения $\gamma_{ст}$=0,74 для СПА-5,5 мм и $\gamma_{ст}$=0,87 для СПА-7,5 мм.

Относительно низкие значения коэффициента вариации прогнозируемых от определенных в эксперименте значений, равные 2,8% для СПА-5,5 мм и 4,5% свидетельствуют о достаточной предсказуемости математической модели старения СПА, выраженной общей формулой

$$K_{ст} = a \cdot \exp\left(-\left(\frac{U_0}{R \cdot T}\right)\right) \cdot \sqrt{\tau}$$

Большие различия в значениях энергии активации процессов старения 45588 Дж/моль для СПА-5,5 мм и 26368 Дж/моль для СПА-7,5 мм свидетельствуют о недостаточной корректности проведенного эксперимента, так как химический состав гибких связей идентичен и, соответственно, значения энергии активации процессов старения должны быть близкими.

Проведенные испытания позволили описать зависимость разупрочнения стеклопластиковых гибких связей от времени пребывания в агрессивной среде 0.1 растворе NaOH и от температуры среды, в которой пребывают образцы. Разница в расчетных и экспериментальных значениях разрушающего напряжения находится в пределах 2,8 – 4,5%.

Список литературы:

1. Степанова В.Ф. Арматура композитная полимерная / В.Ф. Степанова, А.Ю. Степанов, Е.П. Жирков: – М. 2013. – 200 с.
2. ГОСТ 9.707-81 ЕСЗКС Материалы полимерные методы ускоренных испытаний на климатическое старение.
3. В.П. Устинов, М.Г Петров, В.Ф. Савин, Б.В. Устинов. Прогнозирование долговечности СПА в составе трёхслойных стеновых панелей. // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2002. Вып. 4. – 176 с.
4. Испытания упругих стержней методом продольного изгиба / В.Ф. Савин, А.Н. Блазнов, О.В. Старцев и др. под редакцией В.Ф Савина, А.Н. Блазнова. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2009. – 222 с.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-БУМАЖНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ОТХОДОВ УПАКОВКИ

Кремнева Анастасия Владиславовна
старший преподаватель Магнитогорского Государственного Технического Университета им. Г.И. Носова, Магнитогорск
Коляда Людмила Григорьевна
к.т.н., доцент Магнитогорского Государственного Технического Университета им. Г.И. Носова, Магнитогорск

THE POSSIBLE OF THE PRODUCTION THE POLYMERIC AND PAPER COMPOSITES FROM PACKAGING WASTE

Kremneva Anastasia
senior lecturer of Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk
Kolyada Ludmila
Candidate of Science, associate professor of Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

АННОТАЦИЯ

Цель работы заключалась в исследовании возможности совместной переработки бумажной и полимерной фракций отходов упаковки, которые составляют примерно 50 % от общего объема твердых бытовых отходов (ТБО). В работе получены различные полимерно-бумажные композиты из отходов упаковки, проведен анализ влияния технологических факторов на физико-механические свойства композитов. Полимерно-бумажные композиты с оптимальными физико-механическими свойствами могут быть получены при следующих условиях: содержание полимерной ПЭ-фракции - 20 %, время горячего прессования–30 с, использование ПВА для проклейки.

ABSTRACT

The aim of the work was to study the possible of jointly paper and polymeric packaging waste recycling. This kind of waste is about 50% of the total solid waste amount. We have produced various polymeric and paper composites from packaging waste and also we have investigated the dependence of varied technology factors on physical-mechanical properties of composites. It is determined that the polymeric and paper composites with optimal physical-mechanical properties can be produced under the following conditions: the concentration of polymeric PE - fraction - 20%, hot pressing time – 30 seconds.

Ключевые слова: полимерно-бумажные композиты; макулатурные волокна; полиэтилен (ПЭ); полипропилен (ПП); время горячего прессования; предел прочности при расслаивании; предел прочности при растяжении; полный факторный эксперимент (ПФЭ).

Key words: the polymeric and paper composites; secondary cellulose fibers; polyethylene (PE); polypropylene (PP); pressing time; ultimate stratification strength; tensile strength; complete factorial (CF).

«Проблема твердых бытовых отходов (ТБО) является актуальной, поскольку ее решение связано с необходимостью охраны окружающей среды и ресурсосбережения. ТБО, образующиеся в результате жизнедеятельности населения, представляют собой гетерогенную смесь сложного морфологического состава» [6] , основными компонентами которой являются отходы упаковки (примерно 50 %). Кардинальный путь решения проблемы утилизации ТБО – это промышленная переработка отдельных их фракций.

«Легкая фракция ТБО представлена преимущественно бумагой и полимерными пленками, в основном полиолефинами - ПЭ и ПП. Одной из основных операций при сортировке ТБО на тяжелую и легкую фракции является аэросепарация. При этом выделяется легкая бумажно-полимерная фракция, которая содержит 75 – 80 % бумаги и 20 – 25 % полиолефинов» [3].

Таким образом, цель работы заключалась в исследовании возможности совместной переработки бумажной и полимерной фракций отходов упаковки.

При реализации поставленной цели решались следующие задачи:

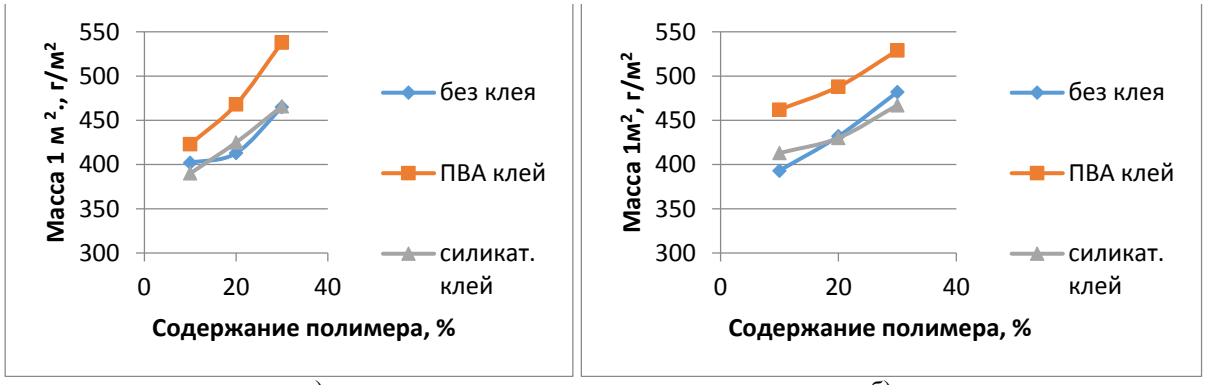
- получить полимерно-бумажные композиты;
- изучить физико-механические свойства композитов;
- предложить технологическую линию производства полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки;
- реализовать полный факторный эксперимент по выявлению влияния некоторых технологических факторов на физико-механические свойства композитов.

«Получение полимерно-бумажных композитов включало следующие стадии: измельчение, приготовление полимерно-бумажной суспензии, формование отливки, горячее прессование и сушка» [4]. «Содержание полиолефинов в полимерно-бумажных композитах варьировалось от 10 до 30 %. Для проклейки массы использовали два вида клея – силикатный и ПВА (1 % масс)» [5].

«Роспуск макулатурных волокон в водной среде осуществлялся в дезинтеграторе при температуре 40 °С до получения однородной массы. При этом происходит как чисто механический процесс изменения формы и размеров волокон, так и коллоидно-химический процесс, называемый гидратацией. Придание волокнистому материалу определенной степени гидратации необходимо для создания сил сцепления между волокнами» для получения прочного и плотного композита [2].

Из приготовленной суспензии вакуумированием получали полимерно-бумажные отливки. «Прессование полимерно-бумажных композитов проводили при температуре 150 °С и усилии 29,7 Н. Время горячего прессования варьировали от 10 до 50 секунд. Сушку полимерно-бумажных композитов проводили при комнатной температуре на воздухе в течение 24 часов» [4].

Физико-механические свойства полимерно-бумажных композитов определялись по существующим стандартным методикам. На рисунке 1 представлены зависимости массы 1 м^2 полученных композитов от содержания полимерных фракций.

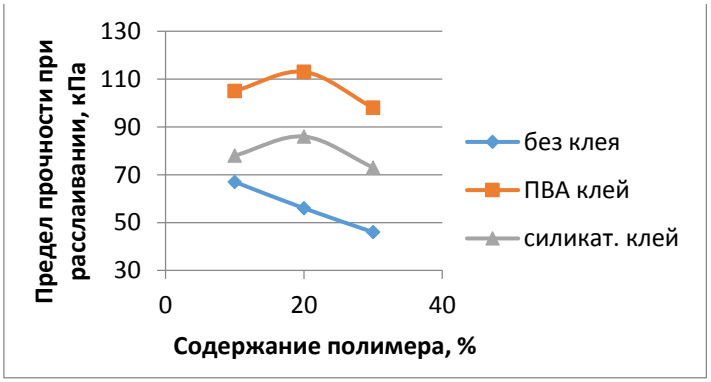


а) б)

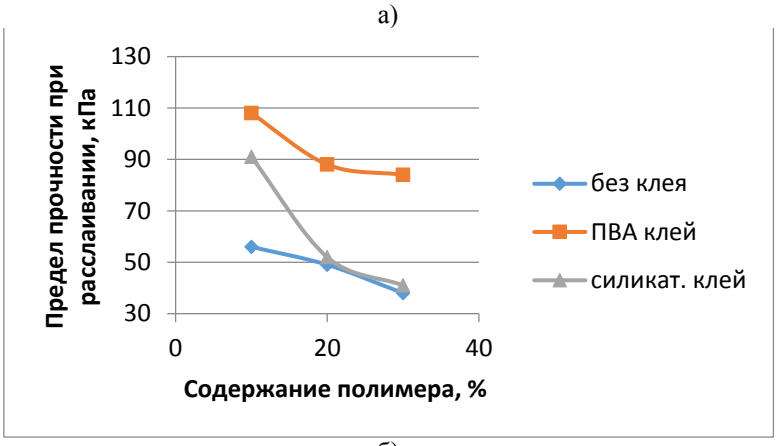
Рисунок 1. Зависимость массы 1 м^2 композитов от содержания полимерной фракции: а) ПЭ; б) ПП

«Из анализа полученных результатов следует, что с увеличением содержания полимерной фракции масса 1 м^2 композита растет, а введение в полимерно-бумажную суспензию клея ПВА приводит к увеличению массы 1 м^2 от 5 до 18 %. Это объясняется прочным сцеплением целлюлозных волокон и частиц полимерных фракций» [5].

При введении в композицию ПВА суспензии одновременно увеличивается прочность при расслаивании полимерно-бумажных композитов. Полученные результаты предела прочности при расслаивании композитов представлены на рисунке 2. «Установлено, что при введении клея ПВА предел прочности при расслаивании увеличивается на 56-121 %, при введении силикатного клея – на 16-58 %. Композиты с ПЭ в целом имеют более высокие значения предела прочности при расслаивании, чем с ПП. Это объясняется тем, что температура прессования достаточна для расплавления частиц ПЭ, которые связывают целлюлозные волокна, и при последующей сушке образуют жесткий бумажно-полимерный композит. При растягивающих усилиях он не разрушается, а происходит отрыв образца от клеящей ленты. Поэтому показатель предел прочности при расслаивании не является достаточно информативным для композитов с ПЭ-фракцией. Для плавления ПП температура горячего прессования недостаточна, в результате чего его частицы слабо сцеплены с целлюлозными волокнами, образуется рыхлая структура композита. Поэтому, в дальнейших исследованиях изучались композиты на основе ПЭ-фракции с ПВА проклейкой» [5].



а)



б)

Рисунок 2. Зависимость предела прочности при расслаивании композитов от содержания полимерной фракции: а) ПЭ; б) ПП

Предел прочности при растяжении композитов является количественной характеристикой силы его межволоконных связей и определяется под действием усилия, направленного параллельно плоскости образца.

На рисунке 3 представлены деформационно-прочностные кривые полимерно-бумажных композитов с ПВА проклейкой и временем горячего прессования 30 с. Сопротивление разрыву у композитов с полимерной фракцией в сравнении с бумагой возрастает на 100 – 168 %. Также возрастает и удлинение до разрыва на 56,5 – 100 %. Результаты измерения предела прочности при растяжении композитов, полученные при варьировании времени горячего прессования представлены в таблице 1.

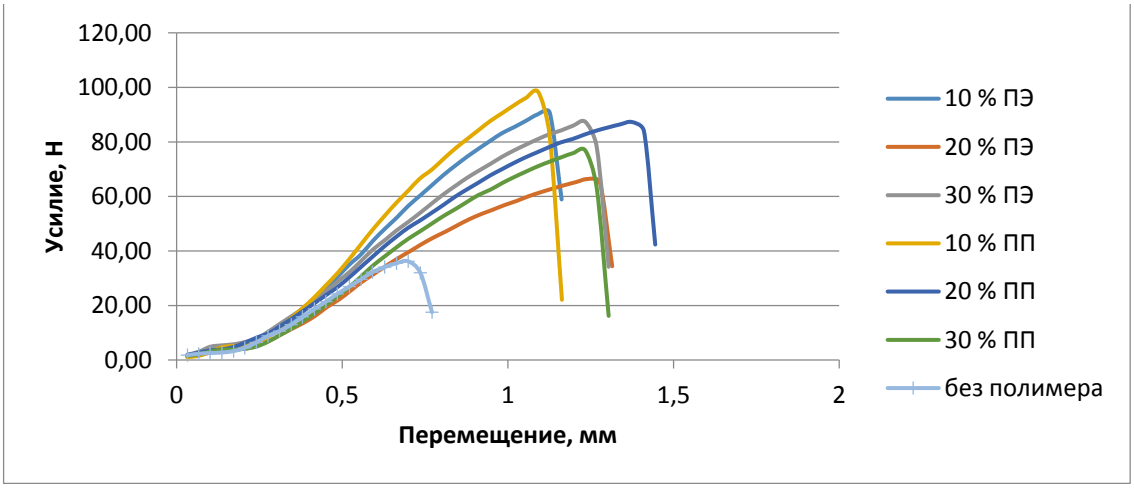


Рисунок 3. – Деформационно-прочностные кривые (используемый клей – ПВА, время горячего прессования – 30 с)

Таблица 1

Результаты определения предела прочности при растяжении композитов (МПа)

Время горячего прессования, с	Содержание ПЭ, %		
	10	20	30
10	3	4	2
30	7	6	6
50	4	5	1

«Из предварительного анализа полученных результатов следует, что максимум предела прочности при растяжении полимерно-бумажных композитов достигается у всех образцов, подвергшихся горячему прессованию в течение 30 с. Этого достаточно для наиболее полного расплавления ПЭ и сцепления целлюлозных волокон без их разрушения. При более длительном времени горячего прессования, вероятно, происходит частичное разрушение целлюлозных волокон с появлением подпалин» [5].

В соответствии с данными источников [1] получаемый композит возможно использовать для получения бумажно-литьевых изделий, как картон и т.д. Традиционно данные изделия изготовлялись из макулатуры, технологии их изготовления известны и они имеют схожий характер.

Новизна настоящей работы заключается в предложении переработки не только макулатуры, но и полиолефиновых пленок совместно с макулатурой в изделия. На рисунке 4 предлагается технологическая схема получения полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки.

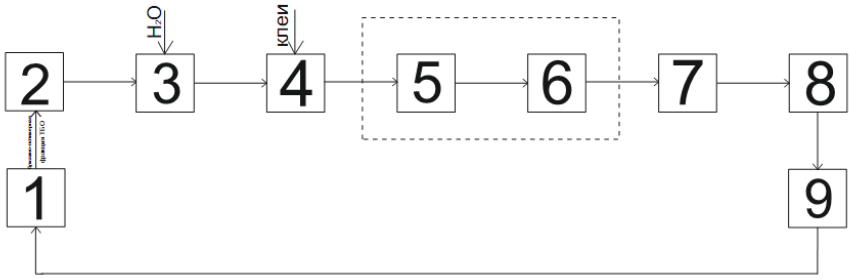


Рисунок 4. Общая технологическая схема утилизации легкой фракции ТБО

Поток ТБО подвергается измельчению, а на стадии аэросепарации выделяется легкая фракция, представленная бумагой и полиолефиновой пленкой. На стадии пульпирования 3 подготовленную макулатуру и пленку загружают в гидроразбиватель, дезинтегратор или пульпер, где происходит роспуск макулатурных волокон и наиболее полное смешение с частицами полимера. Стадия 4 – стадия составления композиции, после которой можно приступать к формованию изделий (стадия 5). Очень часто формование изделий и горячее прессование (стадия 6) происходят одновременно. Формование изделий происходит с помощью вакуум насосов на формующих матрицах или сеточных столах. Прессование может проходить на нагретых валах или с помощью пуансонов, что зависит от вида изготовляемого изделия. Далее изделие проходит сушку (стадия 7) для удаления остатков влаги и приобретения окончательного вида. Сушка может производиться на воздухе или в сушилках различного типа. Затем изделия проходят проверку качества (стадия 8) и упаковку (стадия 9).

Целесообразно установить степень влияния технологических факторов на свойства композитов, а именно на предел прочности при растяжении. С этой целью был спланирован полный факторный эксперимент ПФЭ.

«В качестве базовых значений принимаются: содержание ПЭ 20 % с интервалом варьирования 10 %; время выдержки под горячим прессом 30 с с интервалом варьирования 20 с. Такой базовый уровень принят из учета того, что примерно 20 – 25 % ПЭ включает в себя ламинированная бумага – один из источников сырья для получения полимерно-бумажных композитов в промышленных условиях; а при 30 с происходит наиболее полное расплавление ПЭ и сцепление целлюлозных волокон без их разрушения» [4].

Таблица 2

Матрица планирования

№ опыта	Значения факторов в натуральной форме		Значения факторов в безразмерной форме			*y*
	z_1	z_2	x_0	x_1	x_2	
1	10	10	1	-1	-1	2,36
2	30	10	1	1	-1	2,46
3	10	50	1	-1	1	3,76
4	30	50	1	1	1	0,98

В соответствии с методикой проведения ПФЭ была построена матрица планирования (таблица 2), согласно которой было проведено 4 опыта с различными содержаниями ПЭ и разным временем выдержки под прессом.

По результатам проведения ПФЭ было получено адекватное результатам исследований следующее уравнение регрессии:

$$\hat{y} = 2{,}39 - 0{,}67x_1 - 0{,}72x_1x_2.$$

«Полученное уравнение регрессии адекватно и позволяет судить о том, что на предел прочности при растяжении полимерно-бумажных композитов наибольшее влияние оказывает такой фактор, как содержание ПЭ. Также на значение выходной величины влияет взаимодействие двух факторов – содержание ПЭ и время горячего прессования» [5].

Проведённые эксперименты и анализ полученного уравнения регрессии позволили установить, что полимерно-бумажные композиты с оптимальными физико-механическими свойствами могут быть получены при следующих условиях: содержание полимерной ПЭ фракции – 20 %, время горячего прессования – 30 с, использование ПВА-суспензии для проклейки массы.

Список литературы:

1. Вторичное волокно [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.arzpuck.ru
2. Деркач, Я.В. Переработка тары и упаковки из комбинированных материалов // Тара и упаковка – 2004. - № 1. – С. 26-27.
3. Кремнева А.В., Коляда Л.Г., Пономарев А.П. Исследование возможности получения полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки // Актуальные проблемы современной науки: сб.ст.

Международной научно-практической конференции – Уфа, 2013. – С. 176 – 179.
4. Кремнева А.В. Получение полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки [Электронный ресурс]: Современные проблемы науки и образования № 2 за 2014г. / А.В. Кремнева, Л.Г. Коляда, А.П. Пономарев, Издательский Дом «Академия естествознания», 2014г. – Режим доступа: www.science-education.ru/116-12900
5. Шубов, Л.Я. Обогащение твердых бытовых отходов [Текст] / Л.Я. Шубов, В.Я. Ройзман, С.В. Дуденков. – М.: Недра, 1987.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОЙ ПАРЫ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКОГО АГРЕГАТА

Крылов Николай Александрович
канд. т. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург
Дудин Борис Станиславович
инженер, ООО «Завод Дозировочной Техники «Ареопаг», Санкт-Петербург
Медведева Виктория Валерьевна
младший научный сотрудник, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург
Петровская Ксения Валерьевна
младший научный сотрудник, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург

STUDY OF TRIBOTECHNICAL PAIR OF WORK BODY PERISTALTIC UNIT
Krylov Nikolay Aleksandrovich, candidate of science, associate professor, St. Petersburg State Polytechnic engineerUniversity, St. Petersburg
Dudin Boris Stanislavovich, St. Petersburg
Medvedeva Victoria Valeryevna, St. Petersburg
Petrovskaya Kseniya Valeryevna, St. Petersburg

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы было исследование различных пар трения, используемых в рабочем органе перистальтических насосов. Испытания выполнены на модифицированной машине трения. Получены значения коэффициентов трения, для исследуемых пар, износа и шероховатости их поверхностей, а также температуры рабочей среды. Проведён сравнительный анализ полученных данных.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the various friction pairs, which are used in the working body of peristaltic pumps. Tests have been performed on a modified friction machine. Obtained values of friction coefficients for the studied pairs, wear and roughness of their surfaces, and the fluid temperature. The comparative analysis of the data obtained.

Ключевые слова: перистальтический насос; антифрикционные материалы; трение и износ.
Keywords: peristaltic pump; antifriction materials; friction and wear.

Благодаря своему принципу действия, перистальтические насосы, имеют ряд преимуществ, такие как высокая точность дозирования, отсутствие контакта с металлом, низкий шум, что определяет их применение в таких сферах, как пищевая и химическая промышленность, медицина и биотехнологии.

Надёжная эксплуатация, таких насосов, в большинстве случаев, определяется износостойкостью двух элементов рабочего органа – гибкого рукава и башмака.

На рисунке 1 представлена схема конструкции насоса АРНП25, изготавливаемого заводом дозировочной техники «Ареопаг» [1].

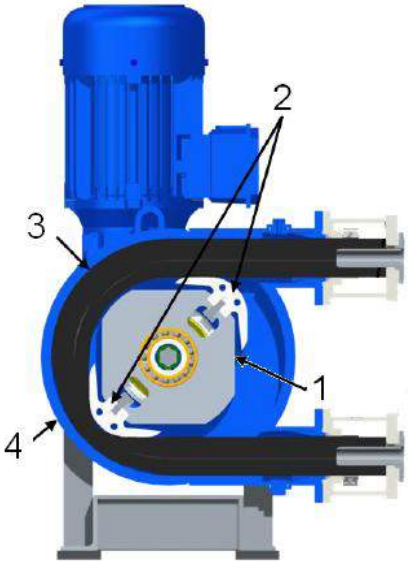


Рисунок 1. Конструкция перистальтического агрегата

При вращении водила 1 башмаки 2 скользят по рукаву 3, пережимая его, и выдавливают перекачиваемую среду в направлении вращения. Рукав после пережатия башмаками практически сразу восстанавливает свою форму до полного сечения. В результате за башмаками создается вакуум, обеспечивающий самовсасывание перекачиваемой среды. Корпус насоса 4 служит направляющей для рукава и ёмкостью для охлаждающе-смазывающей жидкости.

Для оценки триботехнических свойств пар материалов, предлагаемых к использованию в рабочем органе насоса, были проведены испытания на модифицированной машине трения СМЦ-2. Машина трения была оснащена аналогово-цифровым преобразователем (АЦП), позволяющем регистрировать величину момента трения и температуру в цифровом виде.

Испытания проводились по схеме «колодка-ролик» [3] с погружением ролика в ванночку с дистиллированным глицерином ПК-94, используемым в качестве охлаждающе-смазывающей жидкости в перистальтических агрегатах. Схема испытания представлена на рисунке 2.

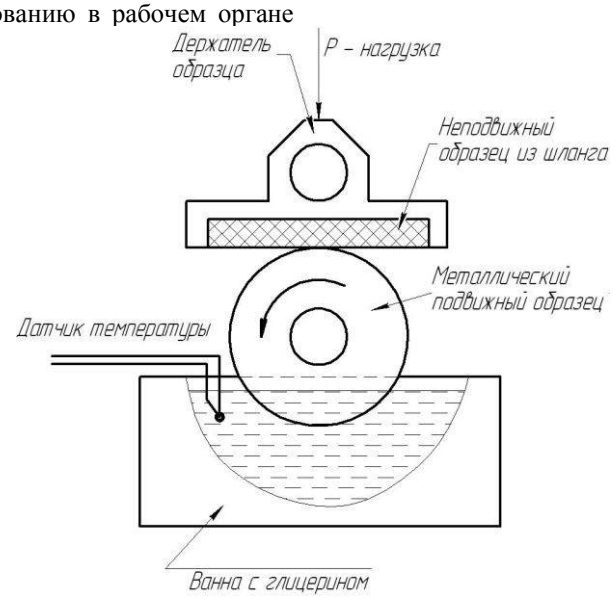


Рисунок 2. Схема испытания «колодка-ролик»

Ролики - контробразцы были изготовлены из материалов предлагаемых для изготовления башмака: сталь 45, деформируемый алюминий Д16 и АВ85, а так же антифрикционный силумин АС. Колодка - образец вырезалась непосредственно из рукава насоса в виде сегмента в продольном направлении. Материал рукава насоса: синтетические каучуки СКИ и СКД.

Так как стандартная оснастка машины трения не предусматривает установку нежёсткой колодки – образца, было спроектировано и изготовлено специальное приспособление – держатель образца. За основу конструкции приспособления была взята схема предлагаемая в ГОСТ Р 51860-2002 [2]. Конструкция такого приспособления в сборе представлена на рисунке 3.

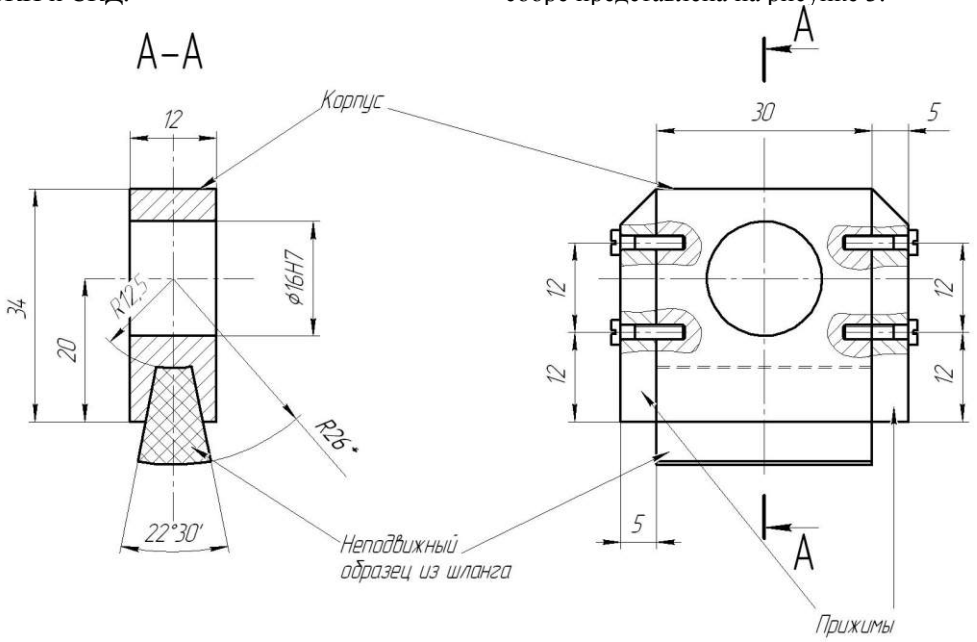


Рисунок 3. Приспособление для установки колодки - образца в сборе

Испытания на машине трения проводились со следующими режимами: нормальная нагрузка P=15 кгс, скорость вращения ролика – контробразца n=300 об/мин. Было проведено четыре серии испытаний результаты, которых представлены на сводных графиках, рисунки 4 и 5.

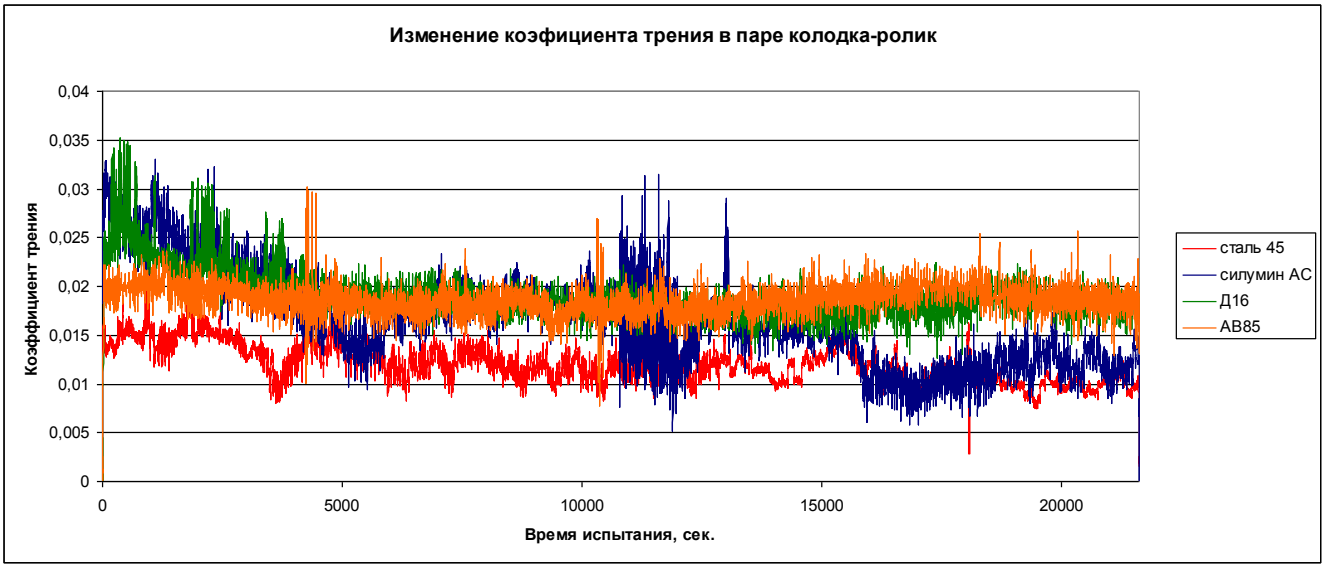


Рисунок 4. Изменение коэффициента трения в паре колодка-ролик

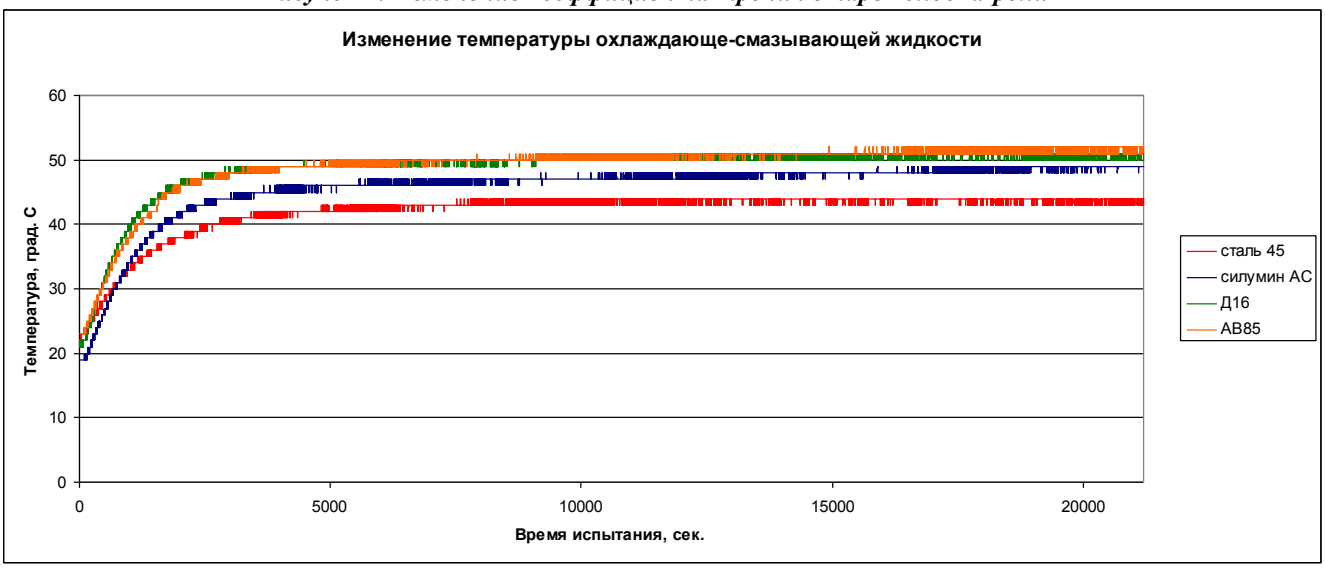


Рисунок 5. Изменение температуры охлаждающе-смазывающей жидкости

Как видно из графиков, наименьший коэффициент трения и температуру охлаждающе-смазывающей жидкости, по материалу рукава перистальтического агрегата, обеспечивает сталь 45.

Для оценки износостойкости материала башмака насоса, производилось взвешивания роликов – контробразцов, до и после испытаний, по которым рассчитывался весовой износ, результаты такого расчёта сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Весовой износ роликов - контобразцов

Материал контробразца	Вес до испытания, г.	Вес после испытания, г.	Весовой износ, г.
Сталь 45	162,9384	162,9344	-0,0040
Силумин АС	56,5878	56,5858	-0,0020
Д16	58,6076	58,6058	-0,0018
АВ85	59,0964	59,0944	-0,0020

Следует отметить, что большой весовой износ стального контробразца связан с большим, почти в три раза, удельным весом стали, по сравнению со сплавами на основе алюминия. Следовательно, по объёму стальной контробразец износился меньше, чем контробразцы на основе алюминия.

Так же были измерены шероховатости поверхностей образцов и контробразцов до и после испытаний. Результаты этих измерений сведены в таблицу 2, где Ra - среднеарифметическое отклонение профиля; Rq - среднеквадратическое отклонение профиля; Rz - высота неровностей профиля по 10 точкам; Rt - общая высота профиля.

Таблица 2

Параметры шероховатости поверхности до и после испытаний

Параметр шероховатости, мкм		до испытаний		после испытаний	
		ролик	колодка	ролик	колодка
Сталь 45	Ra	1,190	10,642	1,202	13,270
	Rq	1,374	13,741	1,396	17,307
	Rz	5,300	53,431	5,857	69,876
	Rt	5,770	71,970	7,540	89,670
Силумин АС	Ra	0,724	11,674	0,496	10,391
	Rq	0,930	15,019	0,649	12,747
	Rz	4,628	58,189	3,295	44,827
	Rt	6,130	82,510	4,370	59,50
Д16	Ra	0,933	7,758	1,468	13,364
	Rq	1,144	9,811	1,723	16,918
	Rz	5,254	36,749	7,163	61,828
	Rt	6,480	58,160	8,690	72,820
АВ85	Ra	2,538	4,290	3,000	9,263
	Rq	2,959	5,317	3,548	11,573
	Rz	11,926	20,990	13,830	43,768
	Rt	13,50	27,080	15,900	57,02

Здесь можно отметить, что после испытаний, рабочие поверхности всех образцов и контробразцов увеличили свою шероховатость, за исключением пары с антифрикционным силумином АС. Скорее всего, это можно объяснить низкой твердостью антифрикционного силумина и его способностью переноситься на ответные тела в паре, то есть способность «намазываться» даже при небольших контактных давлениях.

В заключение работы, можно отметить, что с позиции меньших потерь на трение и нагрев, который особенно критичен для эффективной работы перистальтических агрегатов, можно рекомендовать для изготовления башмаков, работающих в паре с синтетическими каучуковыми рукавами, сталь 45. Также необходимо отметить, что при изготовлении такого башмака желательно получать шероховатость рабочей поверхности близкую к полученной при испытаниях, что уменьшает вероятность преждевременного повреждения рукава во время приработки рабочего органа.

Список литературы:

1. Агрегат электронасосный перистальтический (шланговый) НП25. Руководство по эксплуатации. – Санкт-Петербург: Завод дозировочной техники «Ареопаг», 2014. – 34 с.
2. ГОСТ Р 51860-2002. Обеспечение износостойкости изделий. Оценка противоизносных свойств смазочных материалов методом «шар – цилиндр». – М.: Госстандарт России, 2006. – 8 с.
3. Комбалов В. С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов. Справочник. – М.: Машиностроение, 2008. – 384 с.

МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА И РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Долотовский Игорь Владимирович,

канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Ленькова Александра Викторовна

ассистент Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

THE DEVELOPMENT OF METHODOLOGY AND ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENT FUEL SYSTEMS OF GAS INDUSTRY ENTERPRISES

Dolotowsky Igor,
Candidate of Science, senior researcher of Saratov State Technical University named after Gagarin U.A.
Lenkova Alexandra,
Assistant of Saratov State Technical University named after Gagarin U.A.,

АННОТАЦИЯ

Предложена методология разработки энергоэффективных топливных систем предприятий газового комплекса, базирующаяся на декомпозиции объекта, агрегировании элементов, математических моделях. Разработан комплекс энергетических, технологических, технико-экономических показателей, позволяющий определять потенциал повышения эффективности топливной системы и основные направления его технической реализации во взаимосвязи с внешними источниками энергоснабжения. Разработаны технические решения по повышению эффективности топливных систем установок подготовки и переработки углеводородного сырья.

ABSTRACT

The developed methodology of working out of energy efficient fuel system of gas industry enterprises is offered. It is based on object decomposition, elements aggregation and a creation of mathematical models. A complex of indicators was developed. They are energy, technology, feasibility indicators. They allow to determinate potential energy efficiency of fuel system. This complex enables to find and work out the main ways its technical implementation with relation with external sources of energy supply. Technical solutions of energy efficiency of fuel systems of facilities are worked out.

Ключевые слова: топливная система, математическая модель, энергетический комплекс, энергоэффективность

Key words: fuel system, mathematic model, energy complex, energy efficiency

Топливная система предприятий газового комплекса (ПГК) – добычи, подготовки и переработки углеводородного сырья (УВС) – включает в себя сети вырабатываемых в технологических процессах углеводородных газов дегазации, стабилизации, регенерации, и товарного газа, часть из которого используется в качестве топлива на собственные нужды. Потребление топливного газа (ТГ) определяется различными факторами, основными из которых являются составы и расходы сырьевых и продуктовых потоков, схема технологического процесса, мощности установок, режимы их эксплуатации, степень утилизации горючих отходов (ГО), техническое состояние оборудования, климатические условия региона. Например, удельное потребление газа на собственные нужды предприятий добычи газа и газового конденсата составляет в среднем около 20 м^3 на 1000 м^3 условной товарной продукции, а для ПГК перерабатывающего профиля – 17–102 м^3 на 1000 м^3 сырьевого газа с тенденцией увеличения за последние годы [1]. На ПГК, перерабатывающих многокомпонентное УВС, топливная сеть представляет собой наиболее сложно структурированную систему и характеризуется многочисленными внутренними взаимосвязями с технологической системой (ТС) и энергетическим комплексом (ЭК) предприятия. Поэтому реализовать основные высокоэффективные направления развития топливной системы (далее – объекта) ПГК любой технологической топологии возможно только на основе общесистемного подхода и блочно-иерархического принципа.

Разработанная методология позволяет выполнить:

- системный анализ эффективности объекта на основании теоретических, экспериментальных и патентных исследований в области генерации, использования и нормирования потребления ТГ и энергоресурсов (ЭР) в действующих и проектируемых производствах и оборудовании, математического моделирования альтернативных вариантов структуры и режимов функционирования;
- разработку комплекса технических решений по повышению эффективности использования ТГ и ЭР и программ его реализации в соответствии с многофакторной системой показателей и критериев оценки;
- инвестиционные проекты крупных ЭК в составе отдельных производств и предприятий.

Концепция первого этапа базируется на декомпозиционно-агрегативном подходе к формализации поставленных задач анализа и синтеза, предусматривающем последовательную декомпозицию объекта и выполняемых им функций, и синтез на соответствующих уровнях детализации вариантов структуры и оптимального управления потреблением ТГ и ЭР [2]. К основным задачам, решаемым на этом этапе, относятся:

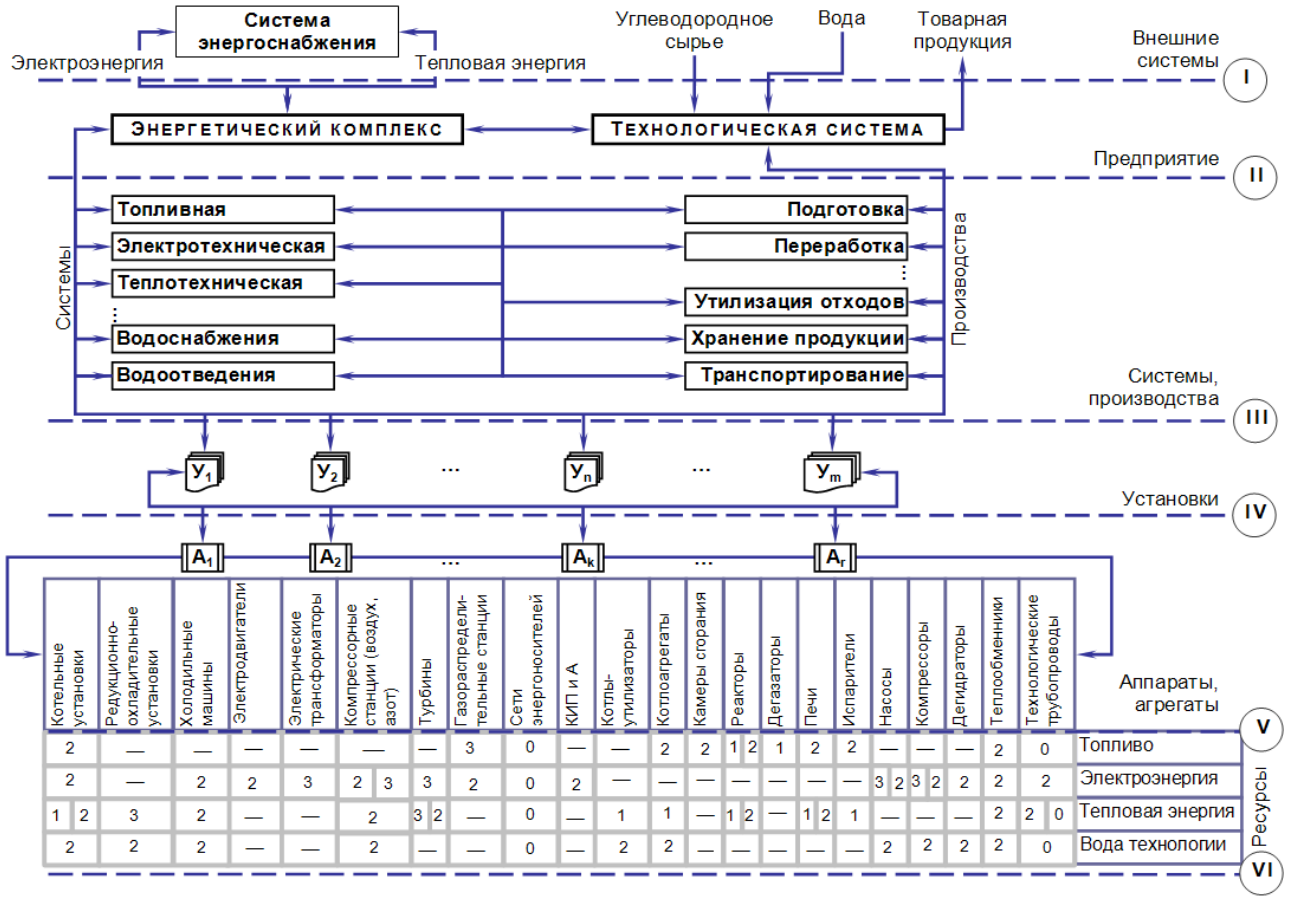
- создание операционно-описательных и иконографических моделей с идентификацией внутренних и внешних связей элементов по степени значимости и выделением детерминирующих элементов и связей;
- разработка математического описания компонентов и объекта; проведение экспериментальных исследований; разработка рациональных алгоритмов расчета и программного обеспечения созданных информационно-аналитических моделей;
- определение оптимальных параметров подсистем ЭК ПГК и объекта с использованием разработанного программного обеспечения.

Построение структуры топливной системы ПГК является наиболее важным аспектом исследования ее эффективности. В общем виде энерготехнологическая схема ПГК перерабатывающего профиля представлена на рис. 1 блочно-иерархической структурой древовидной формы с внутренними взаимосвязями на *II* и *III* уровнях.

I уровень соответствует внешним системам обеспечения ПГК сырьем, ЭР и водой. *II* уровень подразделяется на два элемента – ТС и ЭК. *III* уровень включает элементы ТС – производства, необходимые для преобразования УВС в конечную продукцию, и элементы ЭК – системы, необходимые и достаточные для обеспечения производств ТС и собственного обеспечения ТГ и ЭР. При этом системы ЭК и производства ТС включают ряд установок *IV* уровня, содержащих энерготехнологические агрегаты (элементы *V* уровня). Последний *VI* уровень представлен ресурсами и матрицей соответствующих взаимосвязей элементов *V* уровня в процессах генерации, транспортирования, преобразования и потребления топлива, электроэнергии, тепловой энергии, технологической воды. В качестве базовых элементов ТС рассматриваются основные производства, включающие как установки с одинаковой для всех ПГК перерабатывающего профиля структурой процессов (сепарация, очистка сырья), так и специфические установки некоторых объектов (выработка серы и технического углерода, переработка газового конденсата). На уровне аппаратов рассматриваются генераторы и потребители ТГ и ЭР – реакторы, технологические печи, огневые испарители, камеры сгорания, котлы, теплообменное оборудование, паровые турбины, электродвигатели.

Топливная система ПГК характеризуется наибольшим числом взаимосвязей с ТС и ЭК в процессе генерации и потребления ТГ и ЭР, что нашло отражение в разработанных матричных моделях взаимосвязи газовых потоков и отдельных производств с учетом использования в огнетехнических агрегатах ПГК в качестве топлива как природного газа из сети предприятия, так и некондиционных газовых смесей переменного состава [3].

Общая схема взаимосвязей объекта, его блочно-иерархическая структура и матрица соответствия газовых потоков преобразованы в схему энерготехнологического баланса (ЭТБ) ПГК, отражающую процессы конверсии УВС, рециркуляцию полупродуктов, утилизацию ГО и вторичных энергоресурсов (ВЭР), выработку тепловой и электрической энергии.



Тип взаимосвязи: 0 – транспортирование; 1 – генерация; 2 – потребление; 3 – преобразование

Рисунок 1. Блочно-иерархическая структура ЭК и ТС ПГК

Разработанные структурные модели позволили решить ряд последующих задач первого этапа – выполнить математическое описание объекта в соответствии с методологией системного анализа, разработать комплекс показателей (критериев) эффективности и программы их расчета на соответствующих уровнях иерархии.

Математическое описание включает модели функций объекта и модели данных. Функциональные модели (фазовые диаграммы состояния объекта) позволяющими формировать оптимальные ЭТБ для ПГК любой технологической топологии. Модели данных – это математические описания потребляющих ТГ огнетехнических и энерготехнологических агрегатов ТС и ЭК в виде взаимосвязанных программных модулей из логически законченных блоков расчета (гидродинамики, свойств материальных потоков, кинетики процессов тепло- массообмена, горения) с необходимыми информационными соотношениями.

Математические модели и базы данных по технологическим печам, факельным установкам, котлам, огневым подогревателям, испарителям реализованы в прикладных программах [4–5], что позволило научно обосновать показатели эффективности топливопотребления и генерации горючих технологических газов с учетом всех влияющих факторов [6].

В качестве обобщающего критерия оптимальности структуры и режимов эксплуатации топливной системы ЭК ПГК, а также целевой функции системы управления потреблением / генерацией ТГ принята алгебраическая сумма ранжированных по степени значимости энергетических, технологических, технико-экономических показателей эффективности альтернативных вариантов, приведенных к единому сопоставительному уровню ПГК по производительности, линейке выпускаемой продукции, климатическим и другим условиям [6].

В системе показателей энергетической эффективности использования ТГ и ЭР основными являются *удельная энергоемкость, системная и относительная экономия топлива* на выработку тепловой и электрической энергии во внешних источниках энергоснабжения.

Удельная приведенная (обобщенная) энергоемкость

$$E_{УД} = \sum_{j=1}^{m}\left(E_j - \sum_{n=1}^{N}\delta_{nj}E_{nj} \right) \Big/ V , \qquad (1)$$

E_j – потребление ТГ и всех видов ЭР при переработке УВС, определяемое из ЭТБ производства j, т у. т.;

m – число производств в структуре ПГК;

N – число используемых видов ГО и ВЭР;

E_{nj}, δ_{nj} – объем ГО и ВЭР, отходящих от производства j, т у. т., и доля их использования в соответствующем варианте структуры ЭК ПГК;

V – объем УВС за расчетный период, тыс. м^3 или тыс. т.

Энергетическая системная эффективность объекта ΔB при его интеграции в ЭК ПГК с электростанциями собственных нужд (ЭСН), с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии, определяется как разность

$$\Delta B = \left(B_{\text{сис}} + B_{\text{кот}}\right) - B_{\text{ТЭЦ}} \quad (2)$$

$B_{\text{сис}}$, $B_{\text{кот}}$, $B_{\text{ТЭЦ}}$ – абсолютные расходы топлива на выработку электроэнергии и теплоты при раздельном производстве электроэнергии в энергосистеме, технологического пара в котельной, комбинированном способе производства электроэнергии и теплоты на ТЭЦ, т у. т;

$$B_{\text{сис}} = B_{\text{КЭС}} = \Theta_{\text{выр}} \Big/ \left(\eta_{\text{э}}^{\text{КЭС}} Q_{\text{Н}}^{\text{Р}}\right) \quad (3)$$

$$B_{\text{кот}} = Q_{\text{выр}} \Big/ \left(\eta_{\text{кот}} Q_{\text{Н}}^{\text{Р}}\right) \quad (4)$$

$B_{\text{КЭС}}$ – расход топлива на выработку электроэнергии на тепловой станции конденсационного типа, т у. т.;

$\Theta_{\text{выр}}$, $Q_{\text{выр}}$ – соответственно выработка электрической и тепловой энергии за расчетный период, МДж;

$\eta_{\text{э}}^{\text{КЭС}}$, $\eta_{\text{кот}}$ – электрический КПД КЭС и КПД котельной;

$Q_{\text{Н}}^{\text{Р}}$ – теплота сгорания условного топлива, МДж/т у. т.

Относительная экономия топлива в системе при интеграции объекта с ЭСН ПГК определяется отношением

$$\Delta\beta = \Delta B \big/ B_{\text{ТЭЦ}} \quad (5)$$

Из множества технологических показателей эффективности объекта и ЭК ПГК в целом выбраны удельные и относительные параметры, характеризующие ЭТБ, утилизацию горючих отходов и стоков, водный баланс.

Коэффициент рационализации ЭТБ $K_{\text{р ЭТБ}}$ характеризует возможности его совершенствования за счет использования ГО, ВЭР и сокращения удельного приведенного потребления ЭР от внешних источников

$$K_{\text{р ЭТБ}} = 1 - \left(E_{\text{удР}} / E_{\text{удБ}}\right) \quad (6)$$

$E_{\text{удР}}, E_{\text{удБ}}$ – приведенные удельные энергоемкости для сравниваемых вариантов объекта – оптимального и базового, определяемые по (2).

Аналогичным образом определяются коэффициенты рационализации потребления / генерации отдельных видов ресурсов (топлива $K_{\text{рВ}}$, тепловой $K_{\text{рQ}}$, и электрической $K_{\text{рЭ}}$ энергии, водопотребления $K_{\text{рW}}$ и водоотведения $K_{\text{рS}}$), характеризующие возможности организации замкнутых циклов с максимальной утилизацией ГО и сточных вод.

Технико-экономическая эффективность оптимального варианта топливной системы ПГК и технические решения по ее структуре и режимам эксплуатации оцениваются по значениям сравнительного интегрального социально-экономического эффекта ΔZ_{Σ} или чистого дисконтированного дохода (ЧДД) и дисконтированному сроку окупаемости инвестиций $T_{\text{ок}}$. Максимум интегрального эффекта достигается при достижении оптимального значения вектора оптимизирующих переменных $\overline{Y}$, соответствующего оптимальной структуре топливной системы и ЭК ПГК и оптимальным режимам эксплуатации

$$\Delta Z_{\Sigma} = \sum_{\tau=0}^{T} \left(\Delta Z_{\tau}^{\text{пр}} + \Delta Z_{\tau}^{\text{п}} + \Delta Z_{\tau}^{\text{н}} + \Delta Z_{\tau}^{\text{с}}\right) \cdot \left(1+E\right)^{\tau_0 - \tau} + \Delta\Phi_T \cdot \left(1+E\right)^{-T} \xrightarrow[\overline{Y} \to opt]{} max, \quad (7)$$

$\Delta Z_{\tau}^{\text{пр}}$, $\Delta Z_{\tau}^{\text{п}}$ – соответственно, экономия затрат на ПГК при производстве и потреблении ТГ, ЭР, водоснабжении и водоотведении в τ - й год эксплуатации;

$\Delta Z_{\tau}^{\text{н}}$, $\Delta Z_{\tau}^{\text{с}}$ – стоимостные оценки эффекта по уровню надежности технологических потребителей и социальной составляющей затрат вариантов обеспечения ПГК ЭР от сторонних и собственных источников;

$\Delta\Phi_T$ – разность остаточной стоимости основных фондов вариантов на конец расчетного периода времени T;

E – коэффициент приведения затрат и эффектов к единому времени.

С использованием показателей (1)–(7) выполнен анализ ряда установок, производств и ПГК. Определен потенциал повышения эффективности топливных систем (30–40 % от величины потребления ТГ на собственные нужды) и разработаны направления развития энергоэффективных топливных систем, основными из которых являются максимизация использования технологических горючих газов и ГО, оптимизация потребления ТГ в ТС и ЭК ПГК, выработка тепловой и электрической энергии в собственных источниках.

Практическая реализация теоретических положений системного анализа и синтеза оптимальных вариантов объекта (второй этап разработки энергоэффективных топливных систем ПГК) осуществлена для предприятий по подготовке и переработке УВС.

Эффективность разработанных технических решений по модернизации структуры и режимов эксплуатации оборудования в системах генерации и использования ТГ иллюстрируется следующими примерами.

Для блоков регенерации абсорбента установок осушки газа реализация предложенной в [7] установки с утилизацией ГО позволит снизить на 34 % удельное потребление топливного газа (в расчете на 1000 м^3 осушаемого газа). Для установки производительностью 43,3 тыс. т/год по регенерируемому абсорбенту интегральный эффект от внедрения предложенных технических решений составит около 2 млн. руб. при сроке окупаемости, не превышающем двух лет [9].

Долгосрочные перспективные проекты модернизации топливных систем связаны, в основном, с созданием ЭСН. В рамках таких проектов предложена система энерго- и водоснабжения (СЭВС) с максимальной утилизацией ГО и стоков [8]. Как показали результаты имитационного моделирования, реализация всей схемы СЭВС на крупном ПГК перерабатывающего профиля позволяет снизить удельный годовой расход топлива в системе на выработку 1 МВт тепловой и электрической энергии на 12–14 % [10].

Сопоставительный анализ вариантов топливной системы в структуре СЭВС выполнен по частным критериям эффективности для действующих предприятий подготовки и переработки газа. В результате получены следующие показатели: $K_{\text{р ЭТБ}}$ =0,217–0,316; $K_{\text{р В}}$ =0,881–

0,998; $K_{p\,W}$ =0,902–0,916; $K_{p\,S}$ =0,97–0,974; ΔB =302,5–343,7 т у. т./МВт·год.

Интегральный эффект, определенный за 10 лет в расчете на 1 МВт суммарной электрической и тепловой мощности в зависимости от типа ПГК составит 8,06–18,01 млн. руб./МВт, срок окупаемости инвестиций – 7,8–9,0 лет.

Таким образом, предложенная методология системного анализа и синтеза энергоэффективной топливной системы позволяет определять потенциал повышения ее эффективности в структуре энергетического комплекса предприятия газового комплекса, а также основные направления его технической реализации с максимальной степенью интеграции с внешними источниками энергоснабжения.

Список литературы:

1. Энергетический комплекс газоперерабатывающих предприятий. Системный анализ, моделирование, нормирование / Е.А. Ларин, И.В. Долотовский, Н.В. Долотовская. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 440 с.
2. Концепция повышения эффективности топливной системы энергетического комплекса предприятий добычи, подготовки и переработки газа/ А.В. Ленькова, Е.А. Ларин, И.В. Долотовский // Проблемы теплоэнергетики: сб. науч. трудов. Вып. 2. – Саратов: Изд-во Сарат. гос. техн. ун-та, 2012. – С. 177-182.
3. Повышение эффективности систем утилизации горючих ВЭР установок подготовки и переработки углеводородного сырья/ И.В. Долотовский, А.В. Кульбякина// Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса: сб. науч. тр. Вып. 6. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2011. – С. 147-151.
4. Ларин Е.А., Долотовский И.В., Долотовская Н.В. Система «Энергоресурс»: программа для ЭВМ № 2010615353. 2010.
5. Патент РФ №2011147445/08, 22.11.2011.
6. Моделирование и оптимизация технических решений по утилизации горючих отходов установок подготовки и переработки углеводородного сырья/ И.В. Долотовский, А.В. Ленькова, Е.А. Ларин // Вестник СГТУ. – 2012. – №1 (63). Выпуск 1. – С. 64-68.
7. Патент РФ №2011148186/05, 25.11.2011.
8. Патент РФ №2012109097/06, 11.03.2012.
9. Установка регенерации абсорбента с утилизацией горючих отходов/ А.В. Ленькова, И.В. Долотовский// Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2013. - №8. - С.17-19.
10. Эффективные системы энерго- и водообеспечения предприятий добычи, подготовки, переработки газа и газового конденсата/ И.В. Долотовский, Е.А. Ларин, А.В. Ленькова, Н.В. Долотовская// Вестник СГТУ. – 2012. – №3 (67). – С. 127-131.

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ ПРОГНОЗНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

Малыгин Иван Вячеславович

соискатель, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

DATA BASE STRUCTURE OF THE FORECASTING EXPERT SYSTEM

Malygin Ivan, aspirant, Moscow State University, Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье представлена возможная структура базы данных прогнозной экспертной системы. Рассмотрены основные принципы организации хранения и обработки данных. Приведен пример базы данных экспертной системы прогнозирования опасных природных явлений.

ABSTRACT

The article shows the possible structure of the forecasting expert system database and the basic principles of data storage and data processing. An example of a database expert system is a database of prediction natural hazards.

Ключевые слова: базы данных, экспертные системы, прогнозирование.

Keywords: database, expert systems, forecasting.

Моделирование требует достаточно полного и точного описания объекта исследования, сложных аналоговых моделей, часто с большим количеством параметров. Эти факторы, развитие прикладных математических теорий и компьютерных наук привели к развитию другого подхода к прогнозированию – разработке экспертных систем (ЭС). Экспертные системы разрабатываются для решения конкретных прикладных задач: четко определены рамки применения ЭС, строго сформулирован критерий принятия решения. Основным условием для создания ЭС является наличие эксперта, знания и опыт которого, обеспечивают переход от реального представления физического объекта или явления к его формальному описанию. Формализованной процедурой исследования является математико-компьютерная модель, которая в процессе исследований проходит адаптацию и модернизацию на этапе опытной эксплуатации.

Экспертные системы представляют собой результат применения интеллектуального анализа данных, процедур принятия решения и экспертных знаний. Важным этапом разработки экспертной системы является формирование базы данных и базы знаний по выбранной проблеме. Создание таких баз в ряде задач само по себе представляет интерес для исследований.

Для создания баз данных (БД) прогнозных экспертных систем удобно использовать реляционную модель данных. Реляционную БД можно представлять в виде конечного набора таблиц, над которыми проводятся теоретико-множественные операции объединения, пересечения, разности, соединения, выбора и др. [1]. Одним из основных преимуществ реляционной БД является однородность хранимых данных в каждой таблице. Каждая строка представляет собой соотношение между объектами [3]. В качестве языка манипулирования данными используется язык структурированных запросов (SQL). В зависимости от решаемой ЭС задачи в качестве системы управления

базами данных (СУБД) могут использоваться MS Access, MS SQL Server, Oracle и т.д.

На этапе проектирования БД необходимо придерживаться некоторых основных критериев. Такими критериями являются: полнота и целостность хранимых данных, минимизация избыточности и дублирования данных, связность структуры. В случае проектирования базы данных конкретной экспертной системы необходимо предусмотреть возможности ее модификации в соответствии с развитием функционала ядра ЭС.

В задаче прогнозирования опасных природных явлений БД содержит результаты наблюдений. Это временные ряды различной исторической глубины (может быть 200–300 наблюдений, а может быть всего 20–30). Имеется статистика по явлению, т.е. фактический результат проявления (было ли явление, какой мощности и т.д.). ЭС представляет прогноз по исследуемому явлению в будущий момент времени, при этом, прогноз может быть дан в виде сценариев, а не только в терминах абсолютных единиц какой-либо характеристики явления.

Рассматривается база данных экспертной системы для прогнозирования ледовых заторов на реках. Приводится структура БД для системы прогнозирования ледового заторообразования на северных реках (на примере рек бассейна Северной Двины [2]). На рис. 1 показана схема данных базы, описание таблиц и полей представлено ниже (СУБД MS Access 2010).

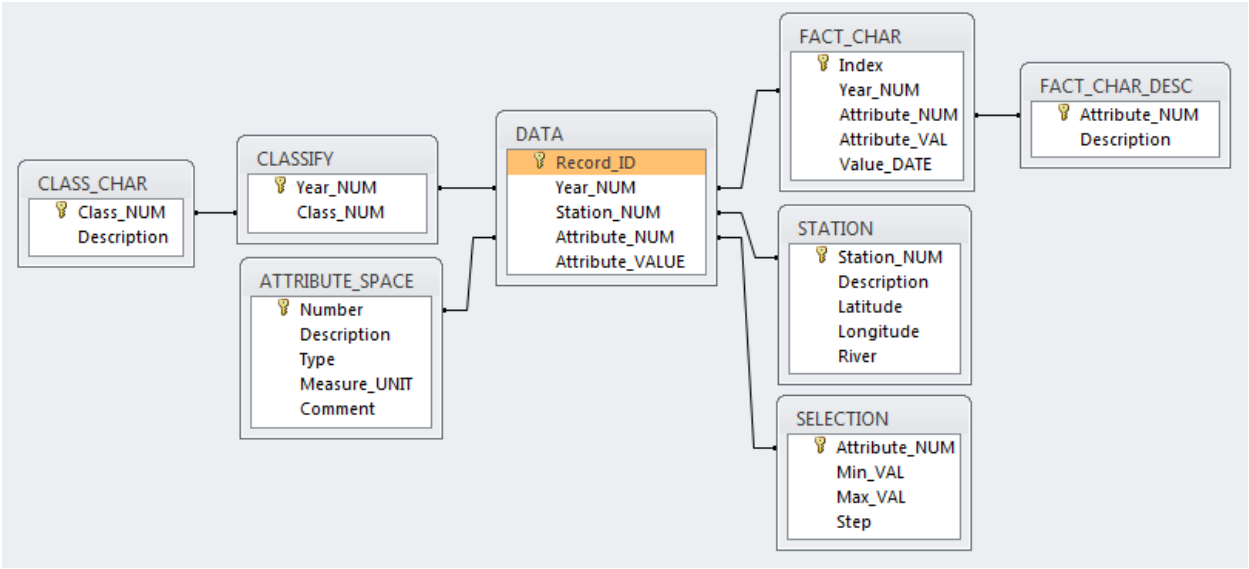


Рис. 1 Схема базы данных

ATTRIBUTE_SPACE

Экспертным путем сформировано признаковое пространство – набор гидрологических и метеорологических параметров, влияющих на итоговый результат явления, т.е. на образование и мощность ледовых заторов в известных местах с высокой повторяемостью явления. Например, такими признаками могут являться предледоставный уровень воды, продолжительность осеннего ледохода, наличие зажоров, сумма твердых осадков, толщина льда перед вскрытием и т.д. Таблица БД содержит поля с названием, типом и единицей измерения признаков.

SELECTION

В таблице хранятся данные о минимальном и максимальном числовых значениях признаков и величине шага проведения испытаний Монте-Карло.

CLASSIFY

Таблица содержит экспертную классификацию явления по годам. В полях хранится информация о годе и номере класса. Классы являются результатом экспертной классификации объектов наблюдения (лет) по критерию мощности заторов.

CLASS_CHAR

Описание классов экспертной классификации.

STATION

Данные о гидрологических и метеорологических постах – точках наблюдения: название поста, название реки и географические координаты. В районе наблюдения использованы данные речных постов: Каликино, Великий Устюг, Медведки, Котлас, Абрамково, Подосиновец.

FACT_CHAR

История характеристик прогнозируемого явления. Например, максимальный заторный уровень воды.

FACT_CHAR_DESC

Описание характеристик прогнозируемого явления.

DATA

Основная таблица БД. Для каждого номера признака содержит числовые значения признака по временному измерению – год наблюдения и по пространственному – точка наблюдения.

Примеры запросов в сформированной структуре БД:

```
select Attribute_VALUE from DATA where Attribute_NUM in
(select Number from ATTRIBUTE_SPACE where Description='Предледоставный уровень воды')
AND
Station_NUM in (select Station_NUM from STATION where Description='Котлас')
AND
Year_NUM=1991;
```

Запрос возвращает значение предледоставного уровня воды в г. Котлас в 1991 году.

```
select Description from CLASS_CHAR where Class_NUM in
```

(select Class_NUM from CLASSIFY where Year_NUM=2010);

Запрос возвращает описание класса экспертной классификации в 2010 г.

Разработанная структура БД обеспечивает функционирование ядра прогнозной экспертной системы, которое формирует оценку прогнозных значений ряда параметров опасного явления. Набор таблиц и связей БД сформирован с учетом расширения функционала системы и степени детализации исходных данных прогнозирования.

Список литературы:

1. Гасанов Э.Э., Кудрявцев В.Б. Теория хранения и поиска информации, Москва, Физматлит, 2002, 288 с.
2. Малыгин И.В. Методика создания экспертной системы для решения задачи прогнозирования ледовых заторов // Эколого-географические проблемы регионов России (материалы V всероссийской научно-практической конференции), Самара, 2014. С. 278–281.
3. Мейер Д. Теория реляционных баз данных, Москва, Мир. 1987, 608 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА.

Мельникова Дарья Александровна, Яговкина Екатерина Николаевна

аспиранты, Самарского государственного технического университета

THEORETICAL BASIS OF MODELING MANAGMEHT SYSTEM IN PROFESSIONAL RISK.

Melnikova Daria,Yagovkina Ekaterina, postgraduate students of Samara State Technical University, Samara

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены, основные модели управления профессиональными рисками. Представлены этапы моделирования систем управления и описаны их виды. Анализ модели позволяет понять причины возникновения профессиональных рисков.

ABSTRACT

Considered the basic model of management professional risks. Presents the stages of the modeling of control systems and describes their views. The analysis of the model allows to understand the causes of professional risks.

Ключевые слова: профессиональный риск, модель, система управления.

Keywords: professional risk, model, management system.

Одним из перспективных направлений снижения аварийности и травматизма на производстве является система управления профессиональными рисками. Первым этапом проектирования является моделирование. Для этих целей широко используются методы системного анализа.

Модель представляет собой некоторую абстракцию, заменяющую собой в процессе исследования оригинал. Она имеет смысл только в рамках определенной теоретической интерпретации и предположений и представляет собой только информационный образ изучаемой системы и происходящих в ней процессов, который не тождественен оригиналу.

В результате анализа и системы моделей появляется возможность определения количественных зависимостей, позволяющих улучшить существующую модель или на ее основе создать новую. Но главным свойством моделей является возможность их использования для составления прогнозов поведения объекта или системы. Исходя из этого, определяется целесообразность их создания. Модель позволяет определить оптимальные параметры или управляющие воздействия, с помощью которых они могут быть достигнуты. Таким образом, использование моделирования при управлении системами обеспечивает гибкость управления и повышает его эффективность.

По характеру изменений во времени модели могут быть разделены на два вида: статические и динамические.

В статических моделях параметр времени отсутствует. Эти модели отражают некоторые соотношения между параметрами исследуемой системы, зафиксированные на какой-либо определенной момент времени или выполняющиеся в среднем за определенный временный интервал. Применимость этих моделей ограничивается периодом времени, в течении которого принятые соотношения можно считать неизменными. Статические модели обычно используются для проверки статистической устойчивости.

В динамических моделях параметр времени присутствует в явном виде, что позволяет отразить процесс функционирования и развития исследуемой системы.

Динамические модели должны удовлетворять следующим требованиям:

- модель должна выходить на все равновесные траектории, присущие системе;

- модель должна адекватно, но необязательно точно, отражать время перехода между равновесными (квазистационарными) состояниями;

- модель должна передавать динамику процессов, протекающих в системе как в состояниях равновесия (то есть описывать устанавливающиеся процессы, включающие в себя колебательный режим или стабильное равновесие), так и в переходный период (переходные процессы). Причем, если в системе существует колебательный режим, то модель должна адекватно передавать амплитуду и частоту колебаний. Достаточным является передача характера поведения системы, а не точное вычисление значений переменных системы.

По форме отражения причинно-следственных отношений реальности модели делятся на два больших класса – детерминированные и стохастические.

К детерминированным относятся модели, в которых процесс отражается в виде строго определенных отношений. Эти модели оперируют детерминированными параметрами и зависимостями. Каждому набору исходных данных детерминированная модель ставит в соответствие единственное значение выходных результатов.

Стохастические модели можно разделить на вероятные и статистические. В вероятностных характеристики параметров моделируемого процесса для каждого набора исходных данных определяют единственное распределение вероятностей случайных событий. Статистические реализуют связь между концептуальными моделями и информационным отражением исследуемых процессов и применяются для исследования закономерностей исполнительных элементов систем.[1]

Имитационные модели являются основным инструментом прогнозирования систем и представляют собой совокупность моделей системы управления и функционирования исполнительных элементов, в которых функции управления и координации целенаправленной деятельности элементов и подсистем выполняют эксперты. Метод имитационного моделирования оказывается наиболее эффективным для динамических систем и процессов.

Имитационное моделирование состоит из четырех этапов:

1) построение модели;
2) запуск модели;
3) анализ полученных данных;
4) оценка альтернативных сценариев.

Варьируя переменными модели, не нарушая выполнение текущих операций и не накладывая несуществующих ограничений, можно спрогнозировать, сравнить или оптимизировать показатели эффективности системы.

При имитационном моделировании, важной является процедура, которая позволяет получить несколько вариантов сценариев, а также выделить и уточнить поведение отдельных, наиболее сложных, интервалов переменных. Имитационное моделирование позволяет проверить правильность разработанной системы и ее устойчивость при различном изменении параметров, скорости и случайности их изменения, а также их взаимной сочетаемости. При этом не должно быть использованы некорректные процедуры анализа и моделирования, которые могут существенно повлиять на конечный результат.

Метод системной динамики является одним из эффективных методов моделирования сложных систем. При этом модель формируется на основе набора типовых структур (положительная и отрицательная обратная связь, логическая зависимость, запаздывания различных порядков и т.д.), которые описываются дифференциальными и конечно-разностными управлениями.

Значительное «усиление» свойств изучаемых переменных, а также введение в исследование неизмеренных и неидентифицируемых параметров являются главными объектами критики со стороны оппонентов метода системной динамики. Аппарат дифференциальных управлений (особенно нелинейных) – весьма чувствительный инструмент моделирования, и количественная неопределенность исходных данных может порождать произвольность получаемых результатов. Тем не менее, необходимо признать, что обоснованное применение метода системной динамики делает его мощным инструментом имитационного моделирования.

Матричная модель системы позволяет найти, решив динамическую задачу векторной оптимизации, оптимальное управление этой системой. Однако, вследствие существующих разного рода неопределенностей, невозможно построить математическую модель, точно описывающую поведение системы.[2] Поэтому невозможно найти и «идеальное» управление этой системой. Таким образом, задачей всей системы является поиск ее управления, как можно более близкого к «идеальному».

Резюмируя вышеизложенное можно сформулировать следующее заключение.

Трудности, возникающие при подготовке прогноза системы, связаны с возникновением неопределенностей, под которыми понимается ситуация, когда частично или полностью отсутствует информация о структуре и возможных состояниях (результатах) системы и окружающей ее среды.

Ограничения, накладываемые на систему, также подвержены изменениям в связи с ее развитием. Поэтому одной из наиболее сложных задач предсказание этих изменений.

Модель представляет собой некоторую абстракцию, заменяющую собой в процессе исследования оригинал. Они определяют зависимость между различными параметрами и показателями изучаемого процесса или системы, с учетом организаций, накладываемых на них.[3]

Модель позволяет определить количественные зависимости для ее улучшения или создания новой. Главным свойством моделей является возможность их использования для составления прогнозов поведения системы.

Варьируя переменными модели, не нарушая выполнения текущих операций и не накладывая несуществующих ограничений, можно спрогнозировать, сравнить или оптимизировать показатели эффективности системы.

Математическая модель должна отражать не столько сложившуюся и существующую к настоящему моменту структуру системы, сколько ее возможное будущее строение – еще не сформировавшиеся, но важные в будущем элементы и связи системы. Использование этого свойства моделей позволяет придать гибкость управлению ею. Кроме того, модель должна обладать робастностью – относительной нечувствительностью к недостаткам информационной (в том числе статистической) базы.[4]

Модель позволяет определить оптимальные параметры или управляющие воздействия, с помощью которых они могут быть достигнуты. Таким образом, использование моделирования при управлении системами обеспечивает гибкость управления и повышает его эффективность.

По характеру изменений во времени модели могут быть разделены на два вида: статические и динамические.

По форме отражения причинно-следственных отношений реальности модели делятся на два больших класса – детерминированные и стохастические.

Имитационные модели являются основным инструментом прогнозирования систем и представляют собой совокупность моделей системы управления и функционирования исполнительных элементов, в которых функции управления и координации целенаправленной деятельности элементов и подсистем выполняют эксперты.

Имитационное моделирование позволяет проверить правильность составленной схемы и ее устойчивости при различном изменении параметров, скорости и случайности их изменения, а также их взаимной сочетаемости. Анализ модели позволяет понять причины возникновения, при определенных обстоятельствах, эволюционного развития системы. Такими причинами могут быть определенные соотношения между параметрами системы, ее отдельными элементами, характер связи между ними, а также структура устойчивости. Изучение вопросов динамической устойчивости системы позволяет определить условия возникновения негативных ситуаций при изменении параметров системы, ее структуры и окружающей

среды с течением времени и выполнить комплекс мероприятий для их предотвращения.

Список литературы:

1. Архангельский С.И. Лекции по научной организации учебного процесса в высшей школе. М.: Высшая школа, 1976 - 200с.
2. Бабанский Ю.А. Оптимизация учебно-воспитательного процесса. М.: Просвещение, 1982 – 192с.
3. Безрукова В.С. Педагогика. Проективная педагогика: Екатеренбург. Изд. «Деловая книга», 1996 - 344с.
4. Берталанфи Л. фон. История и статус общей теории систем / Пер. с англ.// В кн.: Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1973. 268с. – с. 20-27.

БЕЗОПАСНОСТЬ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ LINUX

Мищенко Владимир Игоревич
Студент, Инженерно-технологическая академия, Южный федеральный университет, Таганрог.
Шилов Александр Кимович
Старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Инженерно-технологическая академия, доцент, Южный федеральный университет, Таганрог.

THE SECURITY OF THE LINUX OPERATING SYSTEM
Mishchenko Vladimir, Student, Engineering-technological Academy, Southern Federal University, Taganrog.
Shilov Alexander, Senior researcher, candidate of technical Sciences, Engineering-technological Academy, associate Professor, Southern Federal University, Taganrog

АННОТАЦИЯ

Операционные системы Linux в настоящее время очень востребованы. Следовательно, они могут быть подвержены внешнему влиянию. Будут рассмотрены способы защиты от несанкционированного доступа, традиционные способы защиты от вредоносного программного обеспечения, защита паролей, программы для обеспечения сетевой безопасности.

ABSTRACT

Operating systems Linux is currently very popular. Therefore, they can be susceptible to external influence. Will consider ways to protect against the unauthorized access, traditional methods of protection against malicious software, password protection, and network security.

Ключевые слова: Linux; атака; физическая безопасность; загрузчик; защита паролей; модули безопасности.
Keywords: Linux, attack; physical security; loader; password protection; security modules.

В последнее время операционные системы семейства Linux приобретают все большую популярность. Это связано с тем, что это в первую очередь программное обеспечение (ПО) с открытым исходным кодом, которое могут иметь все желающие, тогда как лицензионные операционные системы Windows и MacOS являются коммерческими. Также считается, что дистрибутивы Linux не подвержены атаке вредоносного программного обеспечения, что отчасти правда. Операционные системы на базе Linux представляют огромный интерес для защиты компьютерной информации. Ведь она способна реализовать множество задач, таких как сетевые атаки, создание web-серверов и так далее [1]. При этом следует помнить о возможной угрозе для этой системы.

Пока что не было выявлено какого-то широко распространенного вируса для Linux, в отличие от Windows. Это связано с системой прав доступа, политикой безопасности и отсутствием сетевых служб, принимающих входящие соединения. Несмотря на это вредоносное ПО может внедриться в Linux и осуществлять деструктивную деятельность. В последние годы возросло число вирусов под Linux. Причиной этого является резкая популярность данной операционной системы. К способам заражения можно отнести заражение через Wine, оболочку, через которую можно запускать программы под Windows. Именно вирусы для Windows могут заразить эту операционную систему. Также известно, что в Linux большинство программ, находящихся в виде бинарных файлов, устанавливается из сторонних репозиториев, которые могут содержать вирусы. Могут быть представлены поддельные библиотеки, например, для оболочки shell scripts.

Для того чтобы оценить эффективность системы защиты операционной системы (ОС) Linux, необходимо четко разобраться с тем, какие же угрозы могут быть реализованы злоумышленниками на уровне ОС в той или иной конкретной ситуации [2].

На уровне ОС происходит большое количество хакерских атак. Это объясняется очень просто: ведь взломав защиту ОС, злоумышленник может получить доступ к любым ресурсам сети. Среди людей несведущих бытует мнение, что самые эффективные атаки на ОС организуются с помощью сложнейших средств, использующих последние достижения науки и техники, а хакер должен быть программистом высочайшей квалификации. Это не совсем так. Конечно, хорошо быть в курсе всех новинок в области компьютерной техники. Да и высокая квалификация никогда не бывает лишней. Однако искусство хакера состоит отнюдь не в том, чтобы разрушать любую компьютерную защиту. Взломщику нужно просто найти слабое место в конкретной защитной системе и с максимальной выгодой для себя воспользоваться им. При этом простейшие методы атаки оказываются ничуть не хуже самых изощренных, поскольку простой алгоритм реже порождает ошибки и сбои. Успех реализации того или иного алгоритма хакерской атаки на практике в значительной степени зависит от архитектуры и конфигурации конкретной ОС - объекта атаки. Рассмотрим, какие механизмы противодействия различным атакам применяются в ОС Linux.

Традиционные способы защиты ОС в основном связаны с физической безопасностью. Физическая безопасность - это первый уровень безопасности, который

необходимо обеспечить для любой компьютерной системы. Причем к очевидным методам обеспечения физической безопасности относятся замки на дверях, кабели в коробах, закрытые ящики столов, средства видеонаблюдения и т. п. Для усиления этих проверенных временем мероприятий можно использовать также компьютерные замки различных конструкций, основное назначение которых сводится к следующему:

- предотвращение хищения компьютера и его комплектующих;
- предотвращение возможности перезагрузки компьютера посторонним, а также использования собственных дисководов или иного периферийного оборудования;
- прерывание работы компьютера при вскрытии корпуса;
- блокировка работы с клавиатурой и мышью.

При установке Linux-системы необходимо внимательно ознакомиться с документацией на BIOS. BIOS представляет собой ближайший к аппаратным средствам слой ПО, и многие загрузчики Linux используют функции BIOS для защиты от перезагрузки системы злоумышленниками, а также манипулирования Linux-системой.

Некоторые загрузчики Linux позволяют установить пароль, запрашиваемый при загрузке системы. Так, при работе с LILO (Linux Loader) можно использовать параметры (позволяет установить пароль для начальной загрузки) и (разрешает загрузку после указания определенных опций в ответ на запрос LILO).

Периодически появляется необходимость отлучаться от компьютера. В таких ситуациях полезно заблокировать консоль, чтобы исключить возможность ознакомления с вашим именем и результатами работы. Для решения этой задачи в Linux используются программы xlock и vlock. С помощью xlock блокируется доступ для X дисплея (для восстановления доступа необходимо ввести регистрационный пароль). В отличие от xlock vlock позволяет заблокировать работу отдельных (или всех) виртуальных консолей Linux-машины. При использовании этих полезных программ нужно четко понимать, что они не защищают от перезагрузки или других способов прерывания работы системы.

Большинство методов, с помощью которых злоумышленник может получить доступ к ресурсам, требуют перезагрузки или выключения питания машины. В связи с этим нужно очень серьезно относиться к любым признакам взлома как на корпусе, так и внутри компьютера, фиксировать и анализировать все странности и несоответствия в системном журнале. При этом нужно исходить из того, что любой взломщик всегда пытается скрыть следы своего присутствия. Для просмотра системного журнала обычно достаточно проверить содержимое файлов syslog, messages, faillog и maillog в каталоге /var/log. Полезно также установить скрипт ротации журнальных файлов или демона, который сохраняет журналы на заданную глубину (в последних дистрибутивах Red Hat для этого используется пакет logrotate).

Необдуманные и некорректные действия администратора также представляют серьезную опасность для Linux-системы. Поэтому администратор всегда должен помнить о том, что постоянная работа со счетом суперпользователя (root) - очень опасный стиль (в качестве компромисса лучше использовать команды su или sudo). Права суперпользователя он должен использовать только для решения специфических задач, в остальных случаях рекомендуется использовать обычный пользовательский счет. В дополнение к этому при выполнении сложных команд администратор должен использовать такие режимы, которые не приведут к потере данных. И последнее: администратор не должен забывать о существовании «троянских коней», так как программы этого типа при запуске с правами суперпользователя могут внести серьезные нарушения в систему защиты. Для исключения этого необходимо тщательно контролировать процесс установки программ на компьютере (в частности, дистрибутив RedHat предусматривает использование цифровых подписей md5 и pgp для проверки целостности rmp-файлов во время установки системы).

Анализ рисков на уровне ОС показывает, что наибольшую опасность представляют действия злоумышленников, связанные с кражей или подбором паролей. Защита паролей поэтому должна занимать ведущее место в системе защиты любой ОС. Защита паролей - область, в которой Linux существенно отличается от многих коммерческих версий Unix и других ОС, причем в лучшую сторону.

В большинстве современных реализаций Linux программа passwd не позволяет пользователю вводить легко разгадываемые пароли путем предупреждения о потенциальной опасности пароля (ввод пароля при этом, к сожалению, не блокируется). Для проверки устойчивости ансамбля конкретного пароля к подбору существует немало программ. Причем используются они с успехом как системными администраторами, так и взломщиками. Наиболее распространенные представители этого класса программ - Crack и John Ripper. Стоит отметить, что эти программы требуют дополнительного процессорного времени, но эта потеря вполне оправдана - замена слабых паролей значительно снижает вероятность проникновения в систему. Linux обеспечивает защиту паролей с помощью трех основных механизмов: шифрование паролей, механизм теневых паролей, механизм подключаемых модулей аутентификации PAM (Pluggable Authentication Modules).

В Linux для шифрования паролей традиционно используется алгоритм DES. Зашифрованный пароль обычно помещается в файл /etc/passwd. При попытке пользователя зарегистрироваться в системе введенный им пароль шифруется и затем сравнивается с записью в парольном файле. При совпадении система разрешает доступ. В программе шифрования паролей используется однонаправленное шифрование (достигается за счет того, что ключом для шифрования пароля является сам пароль). К сожалению, в настоящее время алгоритм DES уязвим к атаке со стороны мощных компьютеров (использование прямого перебора или подбора в большинстве случаев приводит к отгадыванию паролей). Поэтому для Linux были разработаны дополнительно к шифрованию еще два мощных механизма защиты.

Суть механизма теневых паролей проста: парольный файл, даже зашифрованный, доступен только системному администратору. Для этого он помещается в файл /etc/shadow, права на чтение которого принадлежат только суперпользователям. Для реализации подобной схемы защиты в Linux используется набор программных средств Shadow Suite. В большинстве дистрибутивов Linux механизм теневых паролей по умолчанию не задействован (кроме, пожалуй, RedHat). Но именно Linux выгодно отличает наличие новейшего механизма, с помощью которого можно легко организовать мощную систему защиты. Это технология подключаемых модулей аутентификации (PAM).

Модули безопасности - это набор открытых библиотек, предназначенных для выполнения набора функций (ввод пароля или проверка его подлинности). Любая программа, использующая систему защиты, может использовать PAM-модули и обеспечить в результате любой уровень безопасности. При использовании этого новейшего механизма программист концентрирует свое внимание на решении прикладной задачи. Ему не надо изобретать систему защиты, при этом также гарантируется, что он в этой системе не наставит «дыр». Технология PAM позволяет реализовать некоторые новые возможности при создании системы защиты: в модулях безопасности применяются нестандартные процедуры шифрования (MD5 и им подобные); установка ограничений на использование пользователями системных ресурсов (предотвращение инициализации атак типа «Отказ в обслуживании»); установка разрешения отдельным пользователям регистрации только в фиксированные промежутки времени и только с определенных терминалов или узлов.

Для контроля целостности данных, которая может быть нарушена в результате как локальных, так и сетевых атак, в Linux используется пакет Tripwire. При запуске он вычисляет контрольные суммы всех основных двоичных и конфигурационных файлов, после чего сравнивает их с эталонными значениями, хранящимися в специальной базе данных. В результате администратор имеет возможность контролировать любые изменения в системе. Целесообразно разместить Tripwire на закрытом от записи гибком магнитном диске и ежедневно запускать.

Безусловно, что для повышения конфиденциальности полезно хранить данные на дисках в зашифрованном виде. Для обеспечения сквозного шифрования всей файловой системы в Linux используются криптографические файловые системы CFS (Cryptographic File System) и TCFS (Transparent Cryptographic File System).

Защита графического дисплея - важный момент в обеспечении безопасности системы. Она направлена на исключение возможности перехвата пароля, ознакомления с информацией, выводимой на экран, и т. п. Для организации этой защиты в Linux предусмотрены следующие средства:

- программа xhost (позволяет указать, каким узлам разрешен доступ к вашему дисплею);
- регистрация с использованием xdm (x display manager) - для каждого пользователя генерируется 128-битный ключ (cookie);
- организация обмена с помощью защищенной оболочки ssh (secure shell) - в сети исключается поток незашифрованных данных.

Дополнительно к этому для организации контроля доступа к видеоподсистеме компьютера в рамках Linux разработан проект GGI (Generic Graphics Interface). Идея GGI состоит в переносе части кода, обслуживающего видеоадаптеры, в ядро Linux. С помощью GGI практически исключается возможность запуска на вашей консоли фальшивых программ регистрации.

Сетевая защита. По мере развития сетевых технологий вопросы безопасности при работе в сети становятся все более актуальными. Практика показывает, что зачастую именно сетевые атаки проходят наиболее успешно. Поэтому в современных ОС сетевой защите уделяется очень серьезное внимание. В Linux для обеспечения сетевой безопасности тоже применяется несколько эффективных средств:

- защищенная оболочка ssh для предотвращения атак, в которых для получения паролей используются анализаторы протоколов;
- программы tcp_wrapper для ограничения доступа к различным службам вашего компьютера;
- сетевые сканеры для выявления уязвимых мест компьютера;
- демон tcpd для обнаружения попыток сканирования портов со стороны злоумышленников (в дополнение к этому средству полезно регулярно просматривать файлы системного журнала);
- система шифрования PGP (Pretty Good Privacy);
- программа stelnet (защищенная версия хорошо известной программы telnet);
- программа qmail (защищенная доставка электронной почты);
- программа ipfwadm для настройки межсетевых экранов (firewall);
- режим проверки паролей входных соединений для систем, разрешающих подключение по внешним коммутируемым линиям связи или локальной сети.

Не следует забывать и про несанкционированный доступ. Система Linux является многопользовательской средой и имеет разграничение прав доступа. Пользователь может работать и с root-привилегиями, и с учетной записью администратора, и с привилегиями суперпользователя. Деятельность вирусов в данном случае сводится к слежению за деятельностью пользователя, к примеру, перехвату данных пользователя, введенных с клавиатуры. Но помимо вредоносного ПО доступ к системе может получить обычное физическое лицо. Дело в том, что получить root-доступ довольно несложно, для этого существует много способов. Самый простой способ – это получить доступ с помощью стандартного загрузчика GRUB. Если на нем не установлен пароль, при нажатии клавиши «e» GRUB переводится в режим исполнения команд. При добавлении в конец командной строки цифры «1» и нажатии клавиши «b» мы получим загруженную в однопользовательском режиме операционную систему с правами суперадминистратора. При этом можно поставить свой пароль и компьютер будет полностью в руках злоумышленника.

Несмотря на угрозы взлома, несанкционированного проникновения, заражения вредоносным ПО, операционная система Linux была и остается самой безопасной системой. Во многом это связано с тем, что система Windows намного популярнее в мире, да и операционная система MacOS сейчас очень распространена, особенно в США, а, следовательно, именно эти системы будут объектами для хакеров. Когда-то самой безопасной системой считалась Windows XP. Но в связи с прекращением ее поддержки из-за перехода на более современные операционные системы, такие как Windows 7 и Windows 8, она стала менее популярной и сейчас редко, где можно ее встретить. Потому для пользователей, предпочитающих простоту, надежность и безграничные возможности, Linux будет самым лучшим решением.

Список литературы:

1. Бакланов В. В. Администрирование и безопасность операционных систем Linux. Учебное пособие для вузов. – ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет - УПИ», 2005. – 93 с.
2. Кофлер М. Linux. Установка, настройка, администрирование. – СПб.: Питер, 2014. — 768 с.

ПОСТРОЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ УСЛОВИЙ ИНВАРИАНТНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГНОЗИРУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ С УЧЕТОМ РАЗБИЕНИЯ ОПОРНОЙ ТРАЕКТОРИИ НА УЧАСТКИ

Митин Фёдор Васильевич
магистрант 2 курса БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф.Устинова
Кабанов Сергей Александрович
доктор технических. наук, профессор БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф.Устинова

CREATION OF THE TRAJECTORY OF THE MOVEMENT ON THE BASIS OF INVARIANCY CONDITIONS WITH USE OF THE PREDICTING MODELS TAKING INTO ACCOUNT SPLITTING THE BASIC TRAJECTORY INTO SITES
Mitin Fedor Vasilyevich, undergraduate 2 courses BGTU "VOENMEH" to them D.F.Ustinova
Kabanov Sergey Aleksandrovich, doctor of the technical. sciences, professor of BGTU "VOENMEH" to them D.F.Ustinova

АННОТАЦИЯ

Рассматривается задача инвариантности траектории движения аппарата по отношению к известным внешним воздействиям. Показано, что посредством разбиения оптимальной траектории на отрезки и построении инвариантной траектории к возмущению на каждом таком интервале возможно получить квазисильную инвариантность. Задача решается с помощью алгоритма с прогнозирующей моделью.

ABSTRACT

The problem of invariancy of a trajectory of movement of the device in relation to known external influences is considered. It is shown that by means of splitting an optimum trajectory into pieces and creation of an invariant trajectory to indignation on each such interval it is possible to receive quasistrong invariancy. The problem is solved by means of algorithm with predicting model.

Ключевые слова: инвариантность, оптимальная траектория, прогнозирующая модель.
Keywords : invariance, the optimal trajectory , the predictive model .

Для широкого класса систем управления одним из наиболее важных требований является инвариантность выходного сигнала по отношению к вредным возмущениям [1—3]. В 1939 году Г.В. Щипановым была опубликована известная работа [4], вызвавшая серьезную дискуссию среди специалистов и во многом положившая начало широкому исследованию вопросов инвариантности, практической реализуемости и грубости (робастности) систем автоматического управления. Несмотря на то, что ряд выводов Г.В. Щипанова оказались ошибочными (историю вопроса см. например в [5,6]), его статья оказала колоссальное влияние на последующее развитие отечественной теории управления и была, по-видимому, первой в мире работой, в которой для задачи управления в условиях неопределенности было введено понятие универсального регулятора при любых неизвестных параметрах или сигналах из некоторого класса.

Проблема инвариантности систем автоматического управления заключается, как известно, в определении условий, при которых внешние воздействия не влияют на поведение управляемых величин. Теория инвариантности линейных стационарных систем с сосредоточенными параметрами развита в работах Г.В. Щипанова, Н.Н. Лузина, В.С. Кулебакина, Б. Н. Петрова и других (обзоры проблемы инвариантности и соответствующей литературы см. в [1 - 6]).

В настоящее время можно выделить следующие постановки задач инвариантности и методы их решения применительно к линейным моделям объектов управления: полная инвариантность, инвариантность с заданной точностью и асимптотическая инвариантность [7].

Полная инвариантность означает независимость от возмущений переходного процесса по выходным переменным. Инвариантность с заданной точностью или ε-инвариантность гарантирует, что переходный процесс по выходным переменным будет отличаться от невозмущенного движения на заданное наперед значение. Асимптотическая инвариантность означат стремление к нулю выходных переменных (или их невязок относительно заданных значений) при стремлении времени переходного процесса к бесконечности независимо от действий возмущений.

В данной работе рассмотрен подход к синтезу инвариантных систем, основанный на разбиении на малые отрезки невозмущенной траектории и построении инвариантной траектории к каждому из этих отрезков. Задача решается посредством использования алгоритма с прогнозирующей моделью [8].

Рассмотрим управляемый процесс, описываемый уравнениями:

$$\dot{x1} = x2 + \varepsilon \,, \tag{1}$$

$$\dot{x}2 = u \,, \tag{2}$$

где $x = (x1, x2)^T$.

Этими уравнениями можно описать, например, движение шарика по качающемуся желобу с изменением скорости проскальзывания на величину ε .

В качестве критерия оптимальности примем функционал вида [8]:

$$\mathrm{I} = \mathrm{V_g}(\mathrm{x}, \mathrm{t_f}) \,, \tag{3}$$

$$\mathrm{V_g} = \frac{1}{2} \cdot \Delta x(t_f) \cdot \rho \cdot \Delta x^T(t_f), \tag{4}$$

где $\Delta x(t_f)=x(t_f)-x_g$, $x_g = (x_{g1}, x_{g2})^T$.

Используя условие инвариантности по возмущениям, получаем уравнения прогнозирующей модели [8]:

$$H = \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial x1} \cdot x2 \,, \tag{5}$$

$$\dot{x1} = x_2 \,, \tag{6}$$

$$\dot{p}_{x_1} = 0 \,, \tag{7}$$

$$\dot{p}_{x_2} = -p_{x_1} \,, \tag{8}$$

и уравнение для нахождения управления:

$$u = -\varepsilon \frac{p_{x1}}{p_{x2}} \quad . \qquad (9)$$

Примем начальные условия равными:
tk = 2 с; t_0 = 0 с; $x1_0$= 1 м; $x2_0$ = 1 м/с;
и шаг интегрирования равный:
h = 0.01 с;

где tk –конечное время, t_0, $x1_0$, $x2_0$ – соответствующие начальные значения. Задача решалась с помощью системы для автоматизации математических расчетов Matlab 7.11

Промоделировав уравнения движения (1) и (2) с управлением (9) при разных значениях ε (в дальнейшем по тесту **ksi**, так как такое обозначение было внесено в программный код) получаем следующие значения X1 (Таблица 1):

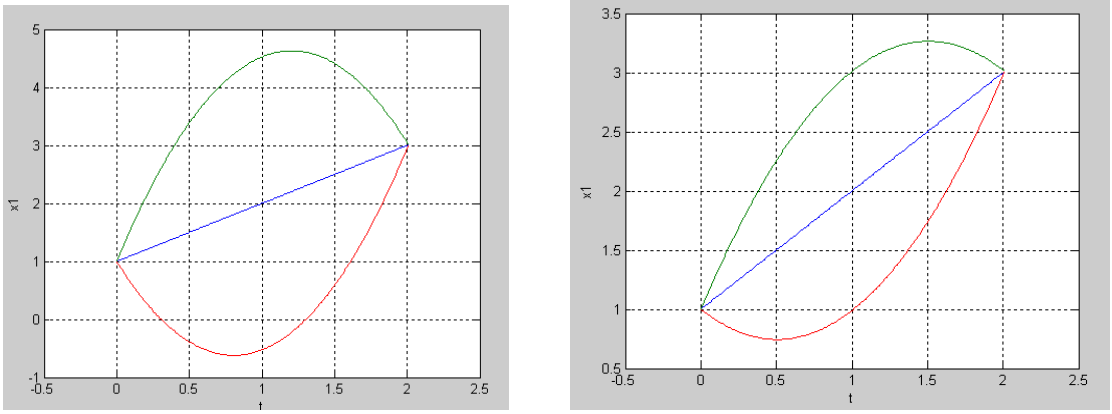
Таблица 1

зависимость X1 от величины ksi

ksi	0	5	-5	2	-2	7	-7
X1(tk)	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01

Полученные результаты при различных значениях ksi представлены на рисунке 1.

а) б)



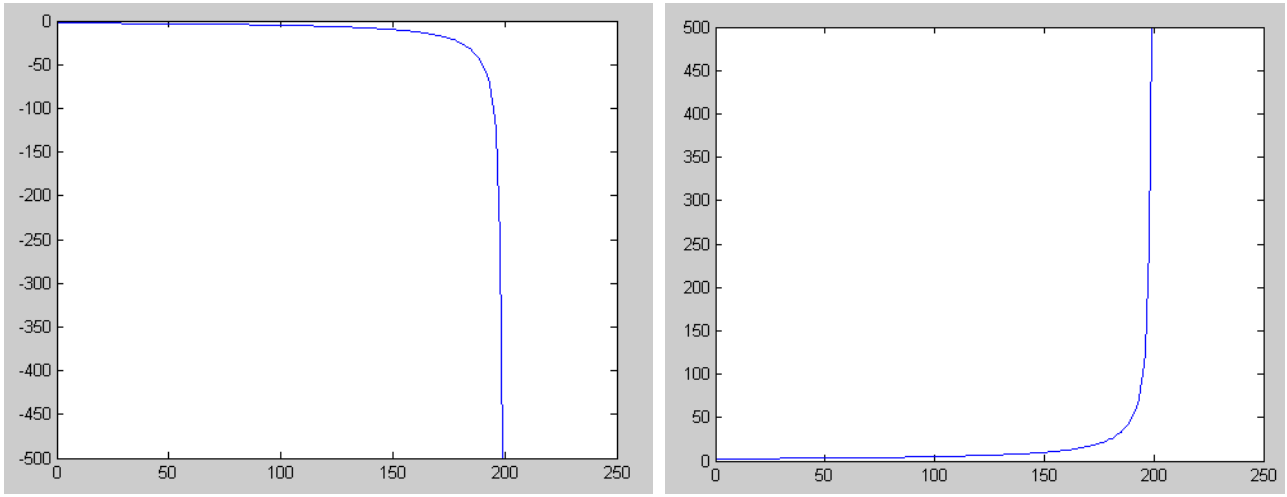
ksi = 5; 0; -5 ksi = 2; 0; -2

Рисунок 1. Зависимость x1(t)

Как видно из графиков, при задании ε константой система инварианта к действию возмущения. За время t=2 с любые изменения величины ε и коэффициента усиления ρ не влияют на конечное значение X1.

Отметим, что в данном случае наблюдается слабая инвариантность, то есть только в конечной точке траектории движения с возмущениями и без возмущений совпадают. Из-за этого управление u резко возрастает в конце, так как пытается компенсировать возмущение только в конечной точке (Рис. 2).

Теперь разобьем траекторию движения аппарата без возмущений на n равных отрезков. Для каждого такого отрезка получим уравнения прогнозирующей модели, используя условие инвариантности по возмущениям. Для каждого последующего отрезка начальными условиями будут являться конечные условия предыдущего отрезка.



u(t) при ksi = 5 u(t) при ksi = -5

Рисинок 2. Зависимость u(t)

Сравним траекторию, полученную с помощью такого разбиения, с траекториями, полученными в результате применения алгоритма на основе условий инвариантности на всем интервале (Рис. 3).

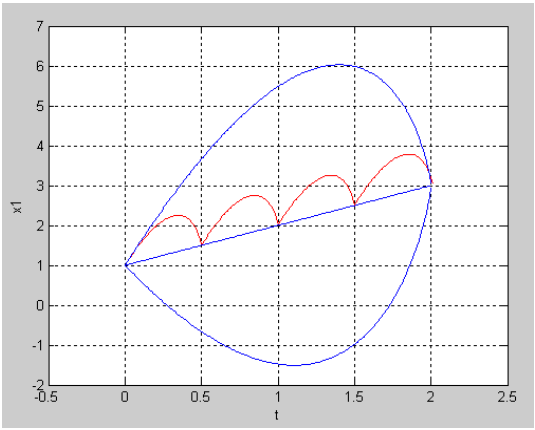


Рисунок 3. Траектория разбиения при ksi = 5

В рассмотренном случае общий отрезок разбивался на 4 части. Отклонение полученной траектории уменьшилось почти в три раза. При увеличении возмущения это преимущество остается (Рис. 4).

Обратим внимание, как изменился закон управления в этом случае. Он повторяет 4 раза закон управления, полученный на всей траектории. Но если изначально управление являлось монотонной функцией на протяжении всех 2 с, то в данном случае этот же закон управления умещается на интервале длинной 0,5 с (Рис. 5).

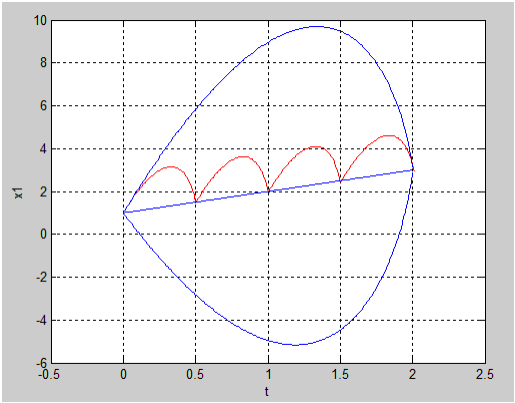


Рисунок 4. Траектория разбиения при ksi = 10

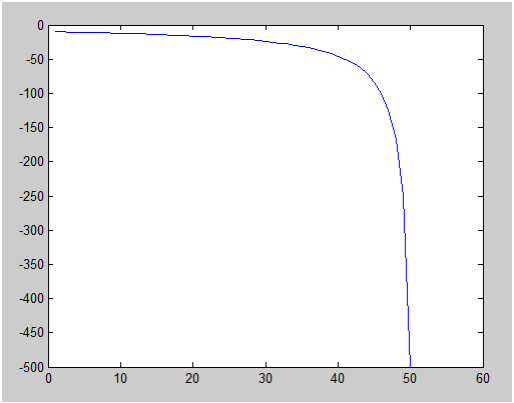


Рисунок 5. u(t) при ksi = 5 на интервале времени [0; 0,5с]

Разбиение общего интервала на большее число отрезков дает нам еще меньшее отклонение от эталонной траектории (Рис. 6), а управление должно измениться на ту же величину за еще более короткое время.

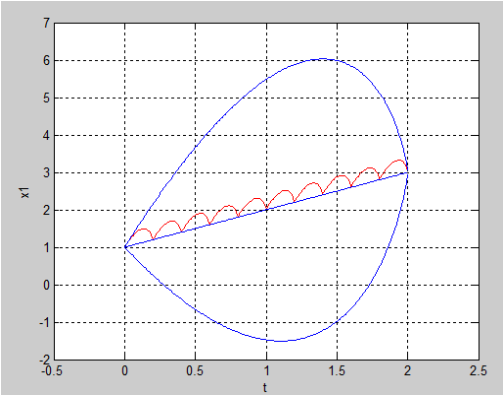


Рисунок 6. Отклонение траекторий от эталонной

В итоге получается, что разбиение общего интервала на отрезки дает преимущество в виде меньшего отклонения от эталонной траектории. При достаточно большом выборе количества отрезков систему можно считать сильно инвариантной, так как отклонения будут незначительны. С другой стороны, мы должны обеспечить отработку управления за достаточно короткое время, что зачастую бывает достаточно сложно осуществить. В следствие чего необходимо выбирать между допустимым отклонением и минимальным временем на отработку управления.

Список литературы

1. Петров Б. Н. Принцип инвариантности и условия его применимости при расчете линейных и нелинейных систем. Тр. I Междунар. конгр. ИФАК, т. 1. Изд-во АН СССР, 1961. С. 259-271.

2. Кулебакин В.С. Теория инвариантности автоматических регулируемых и управляемых систем. Тр. I Междунар. конгр. ИФАК, т. 1. Изд-во АН СССР, 1961. С. 447-455.
3. Уланов Г.М. Регулирование по возмущению. Госэнергоиздат, I960. – 114с.
4. Щипанов Г.В. Теория и методы построения автоматических регуляторов // Автоматика и телемеханика. 1939. №1. С.4-37.
5. Лезина З.М., Лизин В.И. Щипанов Г.В. и теория инвариантности. М.: УРСС, 2004. – 426 с.
6. Васильев С.Н., Курдюков А.П. (ред.) 70 лет теории инвариантности. М.: ЛКИ, 2008. – 256 с.
7. Кочетков С.А., Уткин В.А. Вихревой алгоритм в задаче обеспечения инвариантности // Тр. Всероссийского совещания по проблемам управления 2014 (ВСПУ-2014). 2014. С. 409-418.
8. Кабанов С.А. Управление системами на прогнозирующих моделях. СПб.: СПбГУ, 1997. – 200 с.

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ И ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В ТЕХНОЛОГИИ БЕЛЫХ И КРАСНЫХ ИГРИСТЫХ ВИН БУТЫЛОЧНЫМ СПОСОБОМ

Неровных Лилия Петровна
канд. техн. наук доцент Майкопского государственного технологического университета
Агеева Наталья Михайловна
д-р техн. наук, профессор Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства

VALUATION OF REASONABILITY OF ENZYME PREPARATIONS AND CLAY MINERALS APPLICATION IN WHITE AND RED SPARKLING WINE TECHNOLOGY BY BOTTLE METHOD PRODUCTION

Nerovnykh Lilia, Master of Technological Sciences, Docent of Maykop State Technological University
Ageeva Natalia, Doctor of Technological Sciences, Professor of North Caucasian zone scientific research institute of gardening and wine growing

АННОТАЦИЯ

Цель эксперимента состояла в обосновании возможностей применения ферментных препаратов в технологии белых и красных игристых вин, а также сравнительной оценке влияния ферментных препаратов и дисперсных минералов (различных типов и месторождений), и их смесей на химический состав белого и красного игристых вин, а также на формирование структуры и физико-химических свойств осадков, образующихся в бутылках в результате вторичного брожения.

Использование при приготовлении тиража минералов и ферментных препаратов в комплексе может оказывать существенное влияние на химический состав игристых вин, а следовательно, и на их качество. Поэтому правильно подобранный сорбент и ферментный препарат может стать важным инструментом, позволяющим влиять на процессы послетиражной выдержки.

ABSTRACT

The goal of the experiment was both in argumentation the possibilities of enzyme preparations application in white and red sparkling wine technology and in comparative valuation of enzyme preparations and disperse minerals (of various kinds and deposits) as well as their admixtures effect on chemical composition of white and red sparkling wines, on patterning and physicochemical properties of the settlings produced in the bottles in the result of the secondary fermentation.

Complex application of minerals and enzyme preparations under tirage production may have significant effect on sparkling wine chemical composition and therefore on their quality too. Thus correctly matched sorbent and enzyme preparation may become the important instrument that enables to influence on after-tirage ripening processes.

Ключевые слова: суспензия дисперсных минералов, иммобилизация, вторичное брожение, тиражная смесь.
Keywords: suspension of dispersed minerals, immobilization, secondary fermentation, tirage.

Введение. Одним из важнейших технологических приемов производства высококачественных игристых вин бутылочным способом является приготовление тиражных смесей, в состав которых кроме обработанных шампанских виноматериалов, тиражного ликера и разводки ЧКД входят суспензии глинистых минералов. Необходимость их внесения в состав тиражных смесей объясняется тем, что они с одной стороны являются средством иммобилизации дрожжей, с другой положительно влияют на формирование структуры осадков, образующихся в процессе вторичного брожения и улучшают качество ремюажа.

Бентониты - глинистые минералы монтмориллонитовой природы относятся к числу наиболее распространенных и часто используемых в производстве. Для них характерно слоистое строение кристаллической решетки с наличием межслоевого пространства, способность интенсивно поглощать воду, сопровождающаяся активным расширением пор и, как следствие, набухаемостью и коллоидальностью, которые являются важными физико-химическими показателями суспензий бентонитов. Одним из недостатков монтмориллонитов является их низкая агрегативная устойчивость в кислой среде вина, быстрое образование агрегатов и конгломератов, а, следовательно, снижение величины эффективной поверхности, на которой происходит сорбция различных компонентов.

В последнее время все более широкое применение находит палыгорскит - минерал слоисто-ленточной структуры, который отличается от бентонитов значительно большей поверхностью и объемом вторичных пор, что обусловливает увеличение эффективной поверхности взаимодействия и сорбционную способность минерала [2, с. 112]. Преимущества палыгорскита заключаются также в

том, что он не требует длительной подготовки, в частности, запаривания, его суспензия агрегативно устойчива в кислой среде вина, а объемы осадков намного меньше, чем в случае применения бентонитов.

Клиноптилолит – высококремнистый цеолит, относится к минералам морденит-клиноптилолитовой серии, обладает высокой адсорбционной способностью. Цеолиты отличаются строго регулярной структурой пор, обладают устойчивостью в кислой среде [2, с. 86].

Исследования по выявлению целесообразности введения в тиражную смесь клиноптилолита, а также ферментных препаратов ранее не проводились.

Действие ферментных препаратов основано на гидролитических процессах. Происходит частичное расщепление высокомолекулярных фенольных соединений с образованием соответствующих мономеров; из белковых соединений образуются водорастворимые протеины, полипептиды и аминокислоты; распадаются полисахариды, пектиновые вещества.

Известно, что белки обладают поверхностной активностью [3, с. 10], но поверхностной активностью обладают и аминокислоты, образующиеся при их гидролизе. Поэтому при введении в состав тиражной смеси ферментного препарата тренолин (руж или опти), без снижения пенистых и игристых свойств вина, происходит частичный гидролиз белков и связей между белково-полисахаридными комплексами, которые могут участвовать в образовании помутнений.

По литературным данным [1] дрожжи имеют довольно высокую ферментативную активность при лизисе. Зачастую бывает так, что вторичное брожение, и последующий автолиз прошли активно, но как показывают данные Авакянца С.П. и Агеевой Н.М., в дрожжах все же остается большое количество поверхностно активных веществ, и в 30-40% случаев игристое вино содержит нерасщепленные ВМС, которые могут привести к помутнению. Введение ферментного препарата может устранить эти недостатки. Кроме того закрепление ферментов на минералах (иммобилизация) способствует получению мультэнзимной композиции фермент-носитель-дрожжи. Поэтому исследования целесообразности использования ферментных препаратов в составе тиражной смеси являются актуальными.

В связи с этим цель эксперимента состояла в обосновании возможностей применения ферментных препаратов в технологии белых и красных игристых вин, а также сравнительной оценке влияния ферментных препаратов и дисперсных минералов (различных типов и месторождений), и их смесей на химический состав белого и красного игристых вин, а также на формирование структуры и физико-химических свойств осадков, образующихся в бутылках в результате вторичного брожения.

Объекты и методы исследований. Для решения поставленной задачи провели химический анализ экспериментальных образцов игристого вина, приготовленного в лабораторных условиях. Определяли массовую концентрацию (мг/дм^3) глицерина, аминного и общего азота, липидов и белка. Эти группы веществ оказывают большое влияние на формирование типичных свойств и органолептических качеств игристых вин. Тиражные смеси готовили на белых и красных столовых виноматериалах. В их состав вводили 22 г/дм^3 сахара, разводку чистой культуры дрожжей и суспензию одного из минералов из расчета 2г/дм^3 (бентонит Махарадзевского месторождения, палыгорскиты черкасский и калиново-дашковский, клиноптилолит (Хакасского месторождения) или ферментный препарат (тренолин опти для белого и тренолин руж для красного) в количестве 0,003% или 0,1мл/дм^3, кроме того, в отдельных случаях в состав тиражной смеси внесли смесь дисперсного минерала и ферментного препарата. В процессе брожения проводили измерение оптической плотности, концентрации сухих веществ и температуры. По окончании брожения путем фильтрования были выделены осадки и измерены их массы.

Обсуждение результатов. Результаты исследований представлены в таблицах 1,2,3.

В процессе протекания вторичного брожения образуется осадок и тиражная смесь постепенно осветляется. В таблице 1 представлена динамика изменения оптической плотности при различных длинах волн.

Таблица 1

Динамика изменения оптической плотности в процессе сбраживания тиражной смеси

Минерал	Белый виноматериал						Красный виноматериал					
	535 нм			420 нм			535 нм			420 нм		
	Нач	24ч	48ч	Нач	24ч	48ч	Нач	24ч	48ч	Нач	24ч	48ч
Палыгорскит черкасский	0,2	0,04	0,02	0,33	0,03	0,03	0,28	0,39	0,28	0,95	0,74	0,41
Палыгорскит калиново-дашковский	0,12	0,01	0,03	0,34	0,01	0,03	0,18	0,41	0,45	0,64	0,85	0,9
Бентонит махарадзевский	0,25	0,02	0,03	0,18	0,02	0,03	0,23	0,26	0,28	0,6	0,41	0,7
Клиноптилолит	0,2	0,04	0,03	0,08	0,04	0,03	0,23	0,5	0,34	0,7	0,74	0,8
Бентонит махарадзевский + тренолин опти (руж)	0,16	0,02	0,02	0,045	0,03	0,03	0,23	0,5	0,42	0,71	0,48	0,8
Палыгорскит черкасский + тренолин опти (руж)	0,18	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,23	0,52	0,48	0,72	0,66	0,9
Тренолин опти (руж)	0,23	0,04	0,03	0,025	0,05	0,03	0,22	0,47	0,49	0,7	0,64	0,48

Анализ полученных данных на белом виноматериале показал, что сразу после внесения минералов, ферментного препарата и их смесей определились три образца с наибольшей прозрачностью. Так наименьшая оптическая плотность отмечена у образцов с использованием калиново-дашковского палыгорскита и смесей минералов и ферментного препарата. Однако через 48 часов все образцы имели примерно одинаковые значения оптиче-

ской плотности. Результаты опыта на красном виноматериале показали, что образцы, в тиражную смесь которых вводили черкасский палыгорскит и ферментный препарат (тренолин руж) отличались лучшей прозрачностью.

Анализ динамики брожения показал (таблица 2), что скорость сбраживания сахаров во всех вариантах примерно одинакова: брожение прекратилось на 7-е сутки. Наиболее полное сбраживание отмечено при использовании калиново-дашковского палыгорскита и смеси его с ферментным препаратом.

Таблица 2

Динамика изменения содержания сухих веществ в процессе сбраживания тиражной смеси

Минерал	Белый виноматериал в составе тиражной смеси							Красный виноматериал в составе тиражной смеси						
	на ч	24ч	48ч	72ч	96ч	20ч	44ч	на ч	24ч	48ч	72ч	96ч	20ч	44ч
Палыгорскит черкасский	7,2	7,2	7,2	6,9	6,4	,2	,8	7,6	7,6	7,2	7,0	6,4	,4	,8
Палыгорскит калиново-дашковский	7,2	7,3	7,2	7,0	6,4	,4	,5	7,2	7,6	7,6	7,2	6,4	,4	,5
Бентонит махарадзевский (контроль)	7,2	7,2	7,4	6,9	6,2	,4	,8	7,6	7,6	7,2	7,0	6,8	,6	,9
Клиноптилолит	7,2	7,4	7,2	6,8	6,2	,4	,6	7,2	7,6	7,6	7,0	6,4	,4	,6
Бентонит махарадзевский + тренолин опти (руж)	7,2	7,4	7,4	7,2	6,4	,6	,8	7,6	7,6	7,6	7,0	6,4	,4	,8
Палыгорскит черкасский + тренолин опти (руж)	7,2	7,2	7,0	7,0	6,4	,4	,5	7,2	7,6	7,6	7,1	6,4	,4	,5
Тренолин опти (руж)	7,2	7,0	7,4	6,9	6,4	,2	,6	7,6	7,6	7,6	7,2	6,4	,6	,6

Взаимодействие частиц дисперсного минерала и дрожжевых клеток в винной среде и их взаимное влияние друг на друга с точки зрения физико-химии изучено еще недостаточно. Между тем именно физико-химический подход к рассмотрению процесса вторичного брожения в присутствии дисперсных материалов позволит разработать пути управления свойствами игристых вин, повышения их качества и длительного хранения. Анализ полученных данных показал существенные различия химического состава образцов (таблица 3).

Таблица 3

Влияние совестного использования дисперсных минералов и ферментных препаратов на химический состав белых и красных игристых вин

	Минералы и смеси	Массовая концентрация, мг/дм^3									
		глицерин		аминный азот		общий азот		липиды		белок	
		Белый вином-л	Красный вином-л	Белый вином-л	Красный вином-л	Белый вином-л	Красный вином-л	Белый вином-л	Красный вином-л	Белый вином-л	Красный вином-л
1.	Палыгорскит черкасский	750	500	66	32	060	250	345	60	4	8
2.	Палыгорскит калиново-дашковский	100	300	46	44	210	180	420	260	2	4
3.	Бентонит махарадзевский	700	300	50	86	060	230	380	010	8	6
4.	Клиноптилолит	300	100	84	10	360	350	660	280	6	4
5.	Бентонит махарадзевский + тренолин опти	500	750	12	40	230	350	020	130	0	4
6.	Палыгорскит черкасский + тренолин опти	350	700	44	10	360	300	260	090	4	2
7.	Тренолин опти	700	600	60	24	380	360	080	100	6	0

Известно, что глицерин образуется в процессе спиртового брожения как вторичный продукт и придает вину мягкость, полноту вкуса [5, т.1, с. 320]. В винах содержится в пределах 400-15000 мг/дм^3, причем в красных на 10-20% больше. Установлено, что в белых виноматериалах содержание глицерина в среднем на 2000 мг выше, чем в красных. Среди представленных образцов белых виноматериалов наибольшее содержание глицерина отмечено в случае применения тренолина опти (4700мг/дм^3) и совместного использования минералов с ферментным препаратом (4500 и 4350 мг/дм^3), наименьшее – при использовании клиноптилолита (3300 мг/дм^3).

Экспериментальные образцы красных виноматериалов не существенно отличались по количественному содержанию глицерина (2100-2600 мг/дм^3). Накопление глицерина больше при использовании тренолина руж (2600 мг/дм^3) и ферментного препарата в комплексе с минералами (2750 и 2700 мг/дм^3). Это объясняется, тем что тренолин руж относится к классу пектолитических ферментных препаратов, его действие основано на гидролизе пектиновых веществ, в результате чего накапливаются свободные сахара, в процессе сбраживания которых и образуется глицерин. Концентрация общего азота в анализируемых образцах варьирует от 1060 до 1380 мг/дм^3 в белом виноматериале и от 1180 до 1360 мг/дм^3 – в красном. Причем максимум отмечен в образцах с использованием тренолин опти, а минимум в случае применения палыгорскитов и махарадзевского бентонита. Это объясняется тем, что ферментный препарат трансформирует высокомолекулярные соединения, но не сорбирует их. Существенной количественной разницы между содержанием общего азота в красном и белом виноматериалах не выявлено.

Главная масса аминокислот виноматериалов, применяемых в технологии игристых вин, состоит из аминокислот сусла и аминокислот, выделяемых дрожжевой клеткой по окончании брожения в результате частичного автолиза. Аминокислоты являются поверхностноактивными веществами, положительно влияющими на игристые и пенистые свойства шампанского. Содержание аминного азота в анализируемых образцах существенно варьирует от 146 до 260 мг/дм^3 в белом виноматериале, и от 232 до 340 мг/дм^3 – в красном. В обоих случаях использование как тренолина опти, так и смесей минералов с ферментным препаратом приводит к повышенному накоплению азота аминогрупп. При сравнительном анализе использования минералов накопление аминного азота идет менее интенсивно при введении палыгорскитов и махарадзевского бентонита.

Относительно высокое содержание белков является желательным технологическим фактором, так как они образуют адсорбционные слои, обладающие высокой механической прочностью и, следовательно, повышают устойчивость пены игристых вин. Однако их высокое содержание может привести к появлению коллоидных помутнений. Наибольшее содержание белка в белом виноматериале отмечено при введении в тираж клиноптилолита (66 мг/дм^3) и махарадзевского бентонита (58 мг/дм^3). Это объясняется тем, что клиноптилолит, обладая только селективной сорбцией катионов, не сорбирует сам высокомолекулярные соединения, и не активирует ферменты, которые могут их разрушать.

Наименьшая концентрация белка наблюдается при использовании тренолина опти (36 мг/дм^3) и черкасского палыгорскита в комплексе с ферментным препаратом (24 мг/дм^3). Тренолин опти обладает пектинолитической и, частично, протеолитической активностью, в его присутствии происходит гидролиз белковых веществ, что приводит к снижению их концентрации в среде, а присутствие палыгорскита обусловливает сорбцию белковых веществ на поверхности минерала, поэтому их совместное использование привело к наименьшему содержанию белка в образце. Эксперимент на красном виноматериале показал, что наименьшее содержание белковых веществ накапливается в условиях комплексного использования тренолина опти и махарадзевского бентонита (44 мг/дм^3) и только махарадзевского бентонита (46 мг/дм^3). В случае использования клиноптилолита и калиново-дашковского палыгорскита (64 мг/дм^3) отмечено наибольшее содержание белка.

В винах сумма липидов колеблется в зависимости от сорта винограда, расы дрожжей, типа вина и может составлять 350-1000 мг/дм^3 [4, с. 178]. Известно, что липиды влияют на качество вина, его аромат и стойкость, они участвуют в окислительно-восстановительных процессах, фосфолипиды обладают антиоксидантным свойством. Будучи поверхностно-активными веществами, липиды улучшают игристые и пенистые свойства игристых вин. В анализируемых образцах отмечено высокое содержание липидов, причем в белых виноматериалах их содержится значительно больше (1020-1660 мг/дм^3), чем в красных (960-1280). К повышенному накоплению липидов в как белом, так и в красном виноматериале приводит введение в тираж клиноптилолита (1660 и 1280 мг/дм^3 соответственно) и калиново-дашковского палыгорскита (1420 и 1260 мг/дм^3 соответственно в белом и красном винах). В образцах с применением тренолина опти и совместным использованием минералов и ферментного препарата концентрация липидов гораздо ниже.

В производстве игристых вин бутылочным способом большое значение имеют структура и физико-химические свойства осадков, образующихся при вторичном брожении и последующей послетиражной выдержке вина. Эти осадки состоят из дрожжевых клеток, танатов, винного камня и материалов, добавляемых к тиражной смеси.

Результаты исследований массы осадков (таблица 4), образовавшихся в процессе вторичного брожения, показали, что образцы, в тиражную смесь которых вводили клиноптилолит и ферментный препарат отличались наименьшей массой осадков.

Выводы. Таким образом, представленные результаты исследований говорят о целесообразности использования в составе тиражной смеси клиноптилолита, калиново-дашковского палыгорскита, а также его смеси с ферментным препаратом пектпротеолитического действия (тренолин опти или руж) в производстве белых и красных игристых вин бутылочным способом. Использование при приготовлении тиража минералов и ферментных препаратов в комплексе может оказывать существенное влияние на химический состав игристых вин, а следовательно, и на их качество. Поэтому правильно подобранный сорбент и ферментный препарат может стать важным инструментом, позволяющим влиять на процессы послетиражной выдержки. В этой связи выглядит целесообразным использование ферментных препаратов в производстве белого и красного игристых вин по классической технологии. И данный вопрос требует дальнейших исследований.

Таблица 4

Масса осадков (мг), образовавшихся в результате вторичного брожения

Минерал	Белый виноматериал в составе тиражной смеси	Красный виноматериал в составе тиражной смеси
Палыгорскит черкасский	0,68	0,771
Палыгорскит калиново-дашковский	0,746	0,784
Бентонит махарадзевский (контроль)	0,907	0,741
Клиноптилолит	0,566	0,582
Бентонит махарадзевский + тренолин опти	0,829	0,843
Палыгорскит черкасский + тренолин опти	0,820	0,552
Тренолин опти	0,294	0,326

Список литературы

1. Агеева, Н.М. Особенности иммобилизации дрожжей на природных минеральных сорбентах / Н.М. Агеева, Э.М. Соболев, Н.А. Кудряшов // Современные достижения биотехнологии. – Ставрополь, 1996. – С.80-81.
2. Кельцев, Н.В. Основы адсорбционной техники / Н.В. Кельцев. – М.: Химия, 1984. – 365 с.
3. Мержаниан, А.А. Физико-химия игристых вин / А.А. Мержаниан. – М.: Пищевая пром-сть, 1979. – 272 с.
4. Родопуло, А.К. Основы биохимии виноделия / А.К. Родопуло. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 240 с.
5. Энциклопедия виноградарства: в 3-х томах. – Кишинев: Гл. ред. Молдавской Советской энциклопедии, 1986-1987.

THE REVIEW OF THE INTERNATIONAL FORUM OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT "TECHNOPROM-2014"

Pershina Elena

Associate Professor of Foreign Languages Department in Komsomolsk-na-Amure State Technical University, Komsomolsk-na-Amure,

ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ «ТЕХНОПРОМ-2014»

Першина Елена Юрьевна, Доцент кафедры иностранных языков Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, г. Комсомольск-на-Амуре,

ABSTRACT

The review of the International Forum of Technological Development which was held in Novosibirsk this year is given. The goals and results are analyzed. The perspectives for future technological development are discussed.

АННОТАЦИЯ

Дан обзор международного форума технологического развития, который проходил в Новосибирске в этом году. Проанализированы цели и результаты форума. Обсуждены перспективы дальнейшего развития.

Keywords: international technological forum; high-tech projects; global changing environment; progressive economic models.

Ключевые слова: международный технологический форум; высокотехнологичные проекты; глобальная изменяющаяся окружающая среда; прогрессивные экономические модели.

The Forum name was announced as follows: An era of technological change: A time for new victories (achievements).

The name of the Forum reflects the current global economic agenda. The period after the financial crisis has already attained the stable definition of being an "era of change". This term was used at the World Economic Forum in Davos. It was also reflected in the main theme of the St. Petersburg International Economic Forum "Building trust in an era of change".

The development of this theme in the framework of "Technoprom-2014" was linked with search of the opportunities for realizing the potential of structural reforms.

Forum participants answered the key question: "How to gain leadership in a global changing environment."

The Forum was held in Novosibirsk Expo-center of the Russian Federation on June 5–6, 2014.

The Forum goal was to create an international discussion platform for the debate of issues involving the transition to the sixth technological structure through active developments in science, technology, engineering, progressive economic models providing technological leadership.

The following Forum objectives were:

As a discussion platform the Forum was to organize high-level discussion platforms of various types and directions, where the presence of various, sometimes conflicting, concepts from qualified professionals of different opinions would help to identify the trends and important issues in modern scientific development and industrial production, as well as key principals in the interaction between different kinds of administrative, business, and scientific structures. The part of the agenda for discussion at the Forum were the topics of the primary areas encouraging development in science and technology, large-scale high-tech projects and programs, main problems and advancements in the development of modern knowledge structure and technological development infrastructure, and issues involving the stimulation of high-tech entrepreneurship. Key performance indicator was the formulation of resolution following the forum.

As a communication platform the Forum aimed to create a space for communication in the form of various sites encouraging direct interaction between researchers, inventors, production specialists, managers, and investors. The Forum sites created new and strengthen existing strategic alliances (partnerships) between scientists, designers, production specialists, investors, institutions of development, the expert community, heads of state, and municipal authorities. Key performance indicator was meeting the target number of Forum participants per section of target audience.

As an exhibition platform the Forum was to show the most promising projects and technologies of an international level, aimed at different areas of expertise. Thanks to exposure provided at the Forum, participants were able to acquaint themselves with a wide range of achievements grouped in the category of invoking the sixth technological structure. During the Forum, an international exhibition of the most promising high-tech development projects was held. The latest developments were showcased, the introduction of which was significantly alter the technological base in the areas of industry and services. Key performance indicator was the number of exhibitors.

As an investment (affiliate forming) platform the Forum was to ensure effective communication between potential development partners and investors with the opportunity for direct communication with venture capitalists. Developers had the unique opportunity to not only discuss possible areas for cooperation with investors, but also to organize primary road-shows of their projects. Potential partners were able to sign agreements, memoranda, and joint action plans. Key performance indicator was the volume of reached agreements.

As a platform to increase competence the Forum was to ensure the securing of a high position in peer reviews on the New Industrial Revolution, a phenomenon occurring in recent years, based on the modern revival of the domestic industry and employment in real industrial production (not only in the service sector). A special range of activities was aimed at increasing the level of modern business competencies as related to the development of effective strategies and tactics for the growth of companies in the industrial sector, increasing competencies in the process of innovation: from businessmen to young scientists, in universities and innovation infrastructure. Key performance indicator was the satisfaction of the Forum participants from the acquisition of new competencies.

The previous Forum “Technoprom-2013” was held in November 2013, it was the first International Forum for technological development. Its main agenda was devoted to the transition of the global economy to a new technology wave (the sixth technology wave). The Forum was attended by representatives of the Government of the Russian Federation, the Federal Assembly of the Russian Federation, major development institutions, and public companies and corporations. It was also attended by leading Russian and foreign scientists, managers, and specialists from high-tech enterprises.

The main results from “Technoprom-2013” were the signing of agreements on the implementation of venture capital investment for innovative projects in the Novosibirsk region (under the auspices of the Russian Venture Capital Association) and private equity (with JSC VTB Bank); the signing of agreements on the cooperation and implementation of joint projects, including the development of new materials, work on the CubSat micro-satellites, cooperation in the field of aviation, aircraft engines, nuclear technologies, precision manufacturing, railways, etc.; the signing of agreements on cooperation in the training of experts in the field of innovation and technology management; the formulation of proposals involving meeting priority deadlines to achieve global technological leadership of the Russian economy; the formulation of a system projects list (formation done by the Siberian branch of the RAS) aimed at the development of high technologies, including cell technologies, technologies for finding hydrocarbon deposits in the Arctic region of Siberia, the accelerated establishment and development of engineering structures, and the formulation of prototyping centers equipped with necessary infrastructure and capable of provisions for revision, printing, and support of domestic technologies; the conclusion of commercial transactions involving the sale of technological solutions for large business entities (projects developed in business incubators and industrial parks).

The previous Forum demonstrated its viability and effectiveness.

In comparison with the first Forum the International Forum for technological development “Technoprom-2014” occupied a position of holding a discussion and communication platform at a national level, where stakeholders were involved in the formulation of visions and developing concrete proposals and solutions in the achievement of the technological leadership of the Russian economy.

The business program of the Forum was implemented in the context of three discussion panels: technological trends; the technological environment (infrastructure and institutions); effective High-Tech coalitions (centers, clusters, technology platforms, special economic zones, etc.). Special units were planned for the Summit dedicated to GLONASS in areas of “Space Technology” and “Geo-information and navigation technology.” The VIII Siberian Venture market and a number of special events were integrated in the Forum’s program.

The Forum participants discussed topics relevant to the level of calls for development in not only science and technology, but also industrial production, to create models for the formulation and development of general-purpose technologies: from their development to the motion of new markets.

The Forum conducted analysis of the allocated priorities, activities from institutions and instruments of scientific and technological development and the promotion of technology, which couldn’t function without creating conditions for the formation of a spirit for innovation in society, and a focus on technological innovation, creativity, and entrepreneurship.

The participants identified additional areas of active growth in the scientific-technological environment as centers of technological development, effective forms of science and industry coalitions, the best practices in innovations, new infrastructure, market and technological challenges, and barriers to successful implementation of ideas and strategic solutions [1, p. 8].

They discussed existing, promising, and the most effective business models in the Russian and global high-tech markets also; the achievement of venture capital investments

success stories from companies in various sectors of the priority areas of technology; the competence of potential investors in the field of innovation.

The Forum formulated proposals on the necessary competencies for complex technological entrepreneurship, leadership principals, and conditions for the creation of effective teams.

The discussion format of the Forum was traditionally built on a combination of topics related to the development of breakthrough technologies and the conditions of technological breakthrough that were found by "Technoforum-2014" to be useful in the creation of effective partnership and relations between the governmental, scientific, education, industry, and business spheres.

The main topics for discussion within "Technoprom-2014" were in the areas such as bio- and IT-technologies, alternative energy, new materials, updated technology and market innovations based on the domestic GLONASS system, the establishment of growth points, and favorable conditions for the promotion of innovation in the economy, including the establishment and development of engineering structures, prototyping centers, and outsourcing centers.

A cross section was planned, consisting of speakers put together chosen from the entire pool of "Technoprom-2014" speakers. Discussions were also planned on such important topics as the development of training business professionals within the triple helix model comprising of universities, enterprises, and state, strengthening communication and cooperation between the academic, university, industry sectors of scientific organizations, research, and industrial structures.

The target audience of the Forum was scientists and researchers. Their motivation to participate was expressed in decision-making for scientific, technological, and innovation policies; in the formulation of conceptual visions necessary for decision-making in scientific, technological, and innovation policies; in the ability to present their own achievements in research activities; in the ability to meet with potential customers (business and high-tech venture capitalists).

The target audience of the Forum was high-tech entrepreneurs also. Their motivation to participate was expressed in the formulation of custom innovations, in the development of proposals and solutions to scientific technological, educational, and innovation policies; in the ability to meet with potential suppliers of new technological solutions (scientists, researchers, and designers); in the ability to meet with potential investors in wildcat schemes (venture capitalists).

The target audience of the Forum was venture capitalists. Their motivation to participate was expressed in the ability to become familiar with prospective investment projects (with scientists and high-tech entrepreneurs); in the ability to establish partnerships with the high-tech industry;

The target audience of the Forum was representatives of state and municipal authorities. Their motivation to participate was expressed in direct dialogue with key actors in the wider local and global technological market; in the development of the integration of inter-regional relations in the sphere of economy based knowledge; in the ability to access schedules and forecasts for socio-economic development in specific territories, also parameters and growth opportunities for GRP.

Organizational Partners of the Forum were the Government of the Russian Federation, including the Military-Industrial Commission of the Government of the Russian Federation; the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation; the Russian Academy of Sciences; the Technological Development Fund; the Russian Science Foundation; the Federal Space Agency; and the Federal Agency of Scientific Organizations.

Strategic Partners of the Forum were the Agency of strategic initiatives in the promotion of new projects; the Association of Innovative Regions of Russia; the Association of technical universities in Russia; the Russian Venture Capital Association; the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences; the Chamber of Commerce of the Russian Federation; JSC "Academician M.F. Reshetnev Information Satellite System".

Expected outcome of the Forum are the following. Key findings and solutions of the Forum should confirm that Russia has entered the breakthrough technologies phase.

The effective solutions were offered towards the development of the unified information and navigation space based on GLONASS, including the pilot region territory. The integration projects results on designing and manufacturing of space vehicles of the global navigation satellite system GLONASS, including ground control were introduced [2]. The new scientific and technological monitoring system and technology development forecast, including the use of benchmarking tools were developed.

A new system of scientific and technological monitoring and forecasting for the development of technology, including the use of benchmarking tools was developed. Proposals were prepared towards the creation of system-forming models in areas involving the formulation of advanced innovation development in centers of breakthrough technology and engineering [3].

Pilot regions of Russia presented proposals for the creation and development of parks and special areas to be used for the transformation of technology (dual use). There were drafts to establish international centers towards cooperation in science, education, and business in the interests of economic transition to the sixth technology wave.

Literature:

1. On-line and self-study language education. Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 сентября 2013 г.: в 34 частях. Часть 7: М-во обр. и науки РФ. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. – С. 7-8.
2. Приемы работы магистров технических направлений с аналитическим материалом. Концепт. – 2014. – Современные научные исследования. Выпуск 2. – ART 54548. – URL: http://e-koncept.ru /2014/54548.htm. – Гос. рег. Эл No ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.
3. Формирование общекультурной компетенции у бакалавров технического вуза. Концепт. – 2013. – Современные научные исследования. Выпуск 1. – ART 53211. – URL: http://e-koncept.ru /2013/53211.htm. – Гос. рег. Эл No ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ РАБОЧЕГО ЗАЗОРА НА МОМЕНТ ТРЕНИЯ

Полетаев Владимир Алексеевич
докт. техн. наук, профессор Ивановского государственного энергетического университета
Пахолкова Татьяна Александровна
старший преподаватель Ивановского государственного энергетического университета
Власов Алексей Михайлович
аспирант Ивановского государственного энергетического университета

SIMULATION OF MAGNETIC SYSTEMS INSTALLATION TO INVESTIGATE THE INFLUENCE OF SURFACE QUALITY WORKING AIR GAP TO THE FRICTIONAL MOMENT

Poletaev Vladimir Alekseevich, Doctor. tehn. , Professor of Ivanovo State Power University
Paholkova Tatiana Aleksandrovna, Senior Lecturer of Ivanovo State Power University
Vlasov Aleksey Mihaylovich, Graduate student, Ivanovo State Power University

АННОТАЦИЯ.

Исследована магнитная система рабочего зазора экспериментальной установки для исследования влияния качества поверхностей рабочего зазора на момент трения. Представлена картина распределения линий векторного магнитного потенциала. Установлено что магнитная система обладает низким коэффициентом рассеяния и практически весь магнитный поток замыкается через рабочий зазор.

ABSTRACT.

Investigated the magnetic system of the working gap of the experimental setup for investigating the influence of surface quality of the working gap at the moment of friction. Presents picture of the distribution of lines of magnetic vector potential. It is established that the magnetic system has a low dissipation factor and almost all the magnetic flux is closed through the working gap.

Ключевые слова: магнитная система, рабочий зазор, магнитное поле, ферромагнитная жидкость .
Key words: magnetic system, working air gap, the magnetic field, the ferromagnetic fluid.

При изготовлении деталей различных устройств на их поверхностях образуется множество микроскопических выступов и впадин. Величина и количество выступов определяют шероховатость поверхностей. В электромеханических устройствах при переходе магнитного потока из воздуха в магнитопроводящую деталь в приповерхностном слое шероховатой поверхности детали происходит перераспределение магнитного поля [1].

Выступы шероховатой магнитопроводящей поверхности концентрируют магнитный поток, образуя зоны с повышенной напряженностью магнитного поля, во впадинах между выступами создаются зоны с пониженной напряженностью поля. Поле из однородного преобразуется в неоднородное. При удалении от поверхности, неоднородность магнитного поля, обусловленная шероховатостью поверхности, постепенно ослабевает и исчезает. Для большинства электромеханических устройств – электрических машин, трансформаторов, магнитных реле и т.д. данное перераспределение поля в приповерхностном слое практически не влияет на их основные технические характеристики. Но в устройствах, где используются мелкодисперсные магнитные среды (магнитные порошки, магнитные жидкости, тонкие пленки) перераспределение напряженности магнитного поля около шероховатой магнитопроводящей поверхности может существенно изменять параметры устройств или происходящих технологических процессов [2].

Величина шероховатости поверхности Ra измеряется микронами. В настоящее время отсутствуют способы и технические средства измерения магнитного поля систем с микронными размерами, поэтому исследование выполнялось методом математического моделирования магнитного поля. Форма выступов шероховатой поверхности разнообразна и зависит от обрабатываемого материала, способов обработки поверхности, используемого инструмента, технологических режимов и т.д. Из существующего многообразия форм выступов рассматривалось распределение магнитного поля около магнитопроводящей поверхности, неравности которой имеют вид чередующихся борозд, образующихся при токарной обработке деталей, с профилем сечения выступов в виде равносторонних треугольников.

Магнитная система рабочего зазора экспериментальной установки показана на рисунке 1.

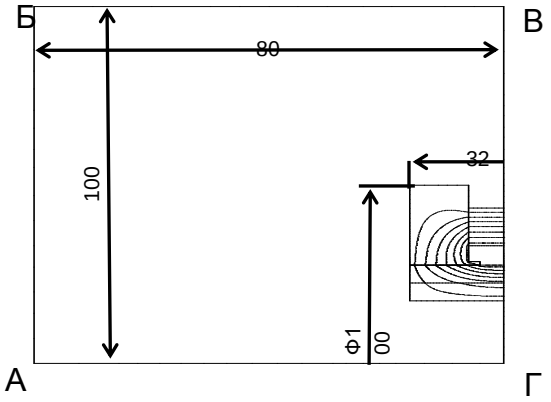


Рисунок 1. Расчетная область и граничные условия.

Магнитная система симметрична относительно плоскости, проходящей через нейтральное сечение постоянного магнита, поэтому рассчитывается половина магнитной системы. Рассматриваемая задача решалась численным методом – методом конечных элементов [3]. Метод универсален, при использовании не требует сложных математических преобразований, позволяет рассматривать области со сложной геометрией, оперативно менять форму поверхностей отдельных участков, учитывать насыщение магнитных материалов, что важно при решении большинства задач магнитостатики. Исходя из выбранного метода, граничные условия задавались следующим образом. На границе АБ, БВ, векторный магнитный потенциал А постоянен и равен 0. Принято, что данные границы удалены от магнитной системы настолько, что линии векторного магнитного потенциала не достигают данных линий.

На границе ГА векторный магнитный потенциал А так же постоянен и равен 0, так как данная линия является осью симметрии магнитной системы. На линии ВГ нормальная составляющая напряженности магнитного поля равна Hσ=0, данная линия совпадает с плоскостью симметрии магнитной системы. Расчетная сетка содержала 426000 узлов и имела переменную густоту. На удаленных границах расчетной области величина сторон элементов сетки составляла 1 мм, в области рабочего зазора размеры элементов сетки были минимальными, их стороны составляли 0.01 мм при величине рабочего зазора 0.1 мм.

На рисунке 2. показана расчетная сетка в области рабочего зазора. Магнитные свойства стали задавались в виде кривой намагничивания , содержащей 24 точки, свойства постоянного магнита из феррита стронция задавались в виде кривой размагничивания .

Магнитная система экспериментальной установки выполнена в виде 8 цилиндров диаметром 20 мм и высотой 12 мм, размещенных равномерно по окружности между полюсными приставками. При расчете магнитной системы магнит, состоящий из набора 8 цилиндров, заменялся одним кольцевым, такой же высоты с площадью его поперечного сечения равной суммарной площади сечений 8 магнитов.

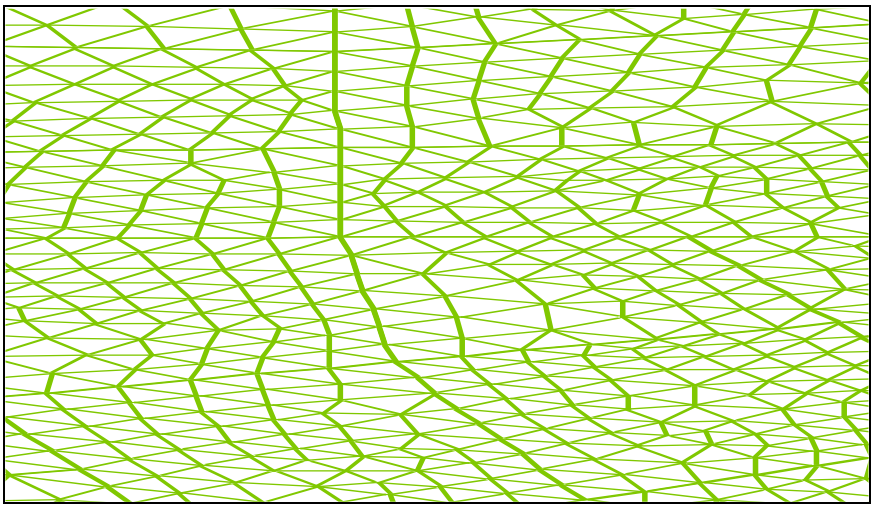


Рисунок 2. Расчетная сетка в области рабочего зазора.

На рисунках 3. и 4. показана картина распределения линий векторного магнитного потенциала в исследуемой области, полученная в результате расчета поля с указанными выше исходными данными.

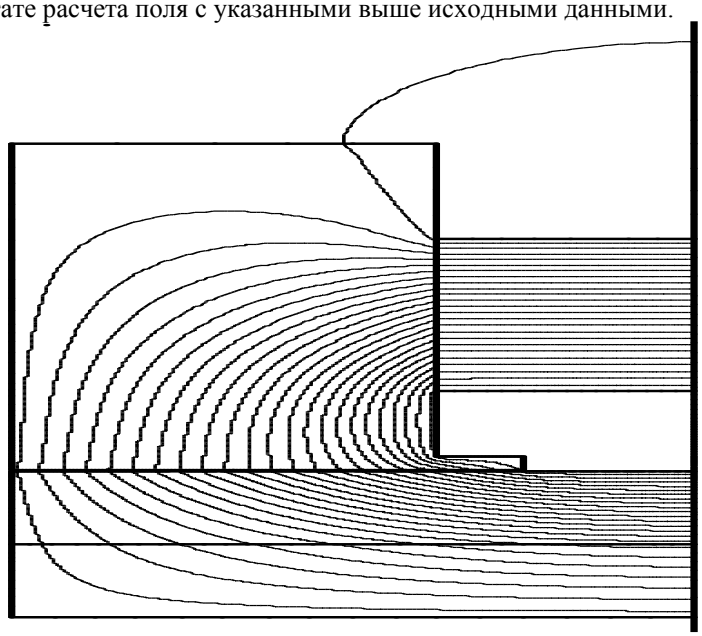


Рисунок 3. Картина распределения линий векторного магнитного потенциала магнитной системы экспериментальной установки

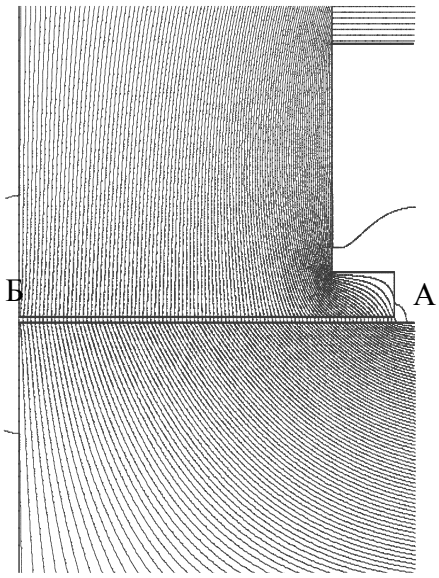


Рисунок 4. Картина распределения линий векторного магнитного потенциала в области зазора с магнитной жидкостью

На рисунке 5. представлена кривая распределения напряженности магнитного поля по центру рабочего зазора между полюсной приставкой и втулкой вала.

Картина распределения линий векторного магнитного потенциала соответствует законам распределения магнитного поля в пространстве. Из рисунков видно, что магнитная система обладает низким коэффициентом рассеяния и практически весь магнитный поток замыкается через рабочий зазор.

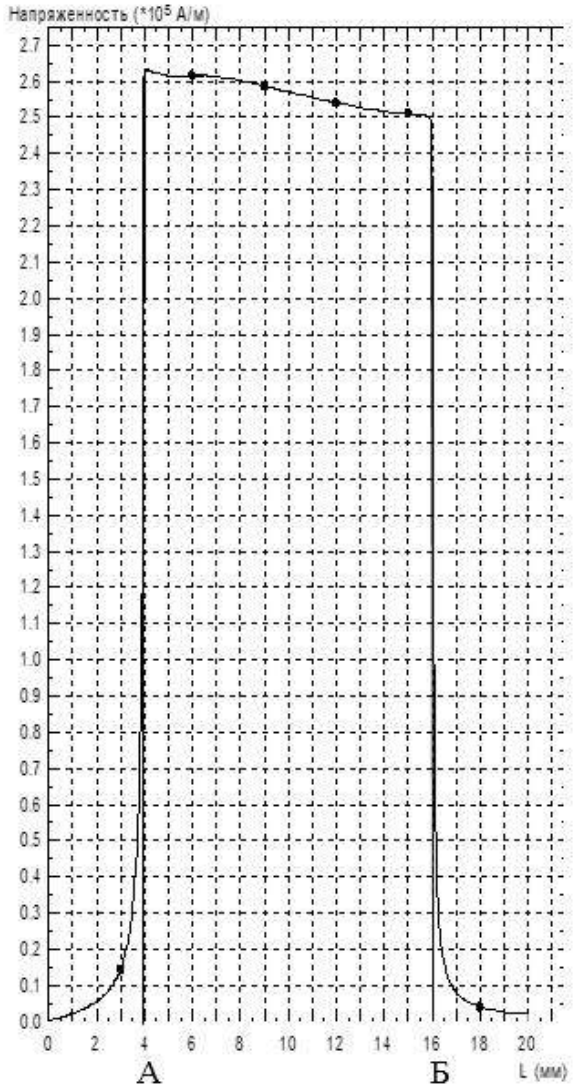


Рисунок 5. Распределение напряженности магнитного поля на средней линии рабочего зазора

Список литературы

1. **Казаков Ю.Б.,** Полетаев В.А., Пахолкова Т.А. Определение момента трения магнитожидкостного герметизатора с неоднородным магнитным полем на основе численного моделирования движения магнитореологической жидкости. Вестник ИГЭУ, Вып. 4, Иваново, 2010, – С 51– 55.
2. **Полетаев В.А**., Перминов С.М., Пахолкова Т.А. Влияние рабочего зазора на момент трения магнитожидкостных устройств. Трение и смазка в машинах и механизмах. – Москва. ООО НТИ «Машиностроение». – 2013. – № 11. – С.3-6
3. **Перминов, А.М.,** Полетаев В.А, Пахолкова Т.А., Власов А.М. Распределение магнитного поля в рабочем зазоре и окружающем магнитную систему пространстве магнитожидкостных герметизаторов /А.М. Перминов, В.А. Полетаев, Т.А. Пахолкова, А.М. Власов // 16-я Международная Плеская научная конференция по нанодисперсным магнитным жидкостям. Сборник материалов конференции. Плес, 9-12 сентября 2014 года. / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, 2014. С. 401 – 410.

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЯГОД ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ

Короткий Игорь Алексеевич

док. тех. наук, профессор Кемеровского технологического института пищевой промышленности

Расщепкин Александр Николаевич

канд. тех. наук, доцент Кемеровского технологического института пищевой промышленности

Федоров Дмитрий Евгеньевич

канд. тех. наук, младший научный сотрудник Кемеровского технологического института пищевой промышленности

CHANGING THE THERMAL PROPERTIES OF BLACK CURRANT IN THE DRYING PROCESS

Korotkiy Igor Alekseevich, Doctor of Science, professor of Kemerovo Institute of Food Science and Technology

Raschepkin Alexander Nikolaevich, Candidate of Science, associate professor of Kemerovo Institute of Food Science and Technology

Fedorov Dmitriy Evgenievich, Candidate of Science, junior researcher of Kemerovo Institute of Food Science and Technology

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы являлось исследование динамики теплофизических характеристик ягод черной смородины в процессе конвективной сушки. Для этого были проведены опыты по конвективной сушке и расчетным путем установлено изменение плотности, теплопроводности, теплоемкости и температуропроводности в процессе обезвоживания ягод.

ABSTRACT

The purpose of this work was research of dynamics of heatphysical characteristics of berries of blackcurrant in the course of convective drying. Experiments on convective drying were for this purpose made and by a settlement way change of density, heat conductivity, a thermal capacity and heat diffusivity in the course of dehydration of berries is established.

Ключевые слова: черная смородина, конвективная сушка, теплофизические свойства

Keywords: black currant, convective drying, heatphysical properties

Теплофизические свойства являются важными показателями, необходимыми при расчете технологических процессов, сопровождающихся охлаждением, нагреванием и замораживанием пищевых продуктов [2, с. 147]. Теплофизические характеристики необходимы также при подборе соответствующего оборудования для организации эффективной переработки пищевого сырья [1, с 178].

Консервирование дикорастущего сырья методом обезвоживания протекает при высокотемпературном и низкотемпературном воздействии в зависимости от способа сушки. Поэтому для моделирования процессов обезвоживания плодово-ягодного сырья с целью разработки эффективной технологии сушки, необходима достоверная информация об изменениях теплофизических свойств продукта в процессе удаления из него влаги в соответствующем температурном диапазоне.

В рамках данной работы была поставлена задача исследования динамики теплофизических свойств ягоды в процессе конвективной сушки. В качестве объектов исследования была выбрана черная смородина следующих сортов: «Память Лисавенко», «Сеянец голубики», «Память Шукшина», «Пушистая», «Черный жемчуг», «Краса Алтая».

Плотности ягод определяли по следующей формуле:

$$\rho = \frac{\sum_{k=1}^{n} \chi_k}{\sum_{k=1}^{n} \frac{\chi_k}{\rho_k}} \quad (1)$$

χ_k – массовая доля компонента;

ρ_k – плотность компонента.

Удельную теплоемкость ягод рассчитывали по формуле (2) в соответствии с правилом аддитивности:

$$c = \sum_{k=1}^{n} (c_k \chi_k) \quad (2)$$

c_k – теплоемкость компонента.

Для определения коэффициента теплопроводности был также использован метод аддитивности. При расчете

теплопроводности данный метод обеспечивает достаточную степень точности для пищевых продуктов [3]. В данном случае использовали формулу Лихтнекера:

$$\lambda_{эф} V = \sum_{k=1}^{n} \lambda_k V_k \quad (3)$$

$\lambda_{эф}$ – эффективный коэффициент теплопроводности продукта;

λ_k – коэффициент теплопроводности компонента;

V_k – объем, занимаемый компонентом;

V – полный объем продукта.

Расчетная температуропроводность определялась по следующей формуле:

$$\psi = \frac{\lambda}{c\rho} \quad (4)$$

Поскольку в реальных условиях при обезвоживании внутри ягод образуются микропустоты с воздухом, которые в значительной степени влияют на теплофизические свойства, то при расчете также учитывался данный фактор по экспериментальным данным величины усадки продукта в процессе конвективной сушки.

Теплофизические характеристики, рассчитанные по формулам (1÷4) отражены на рисунке 1.

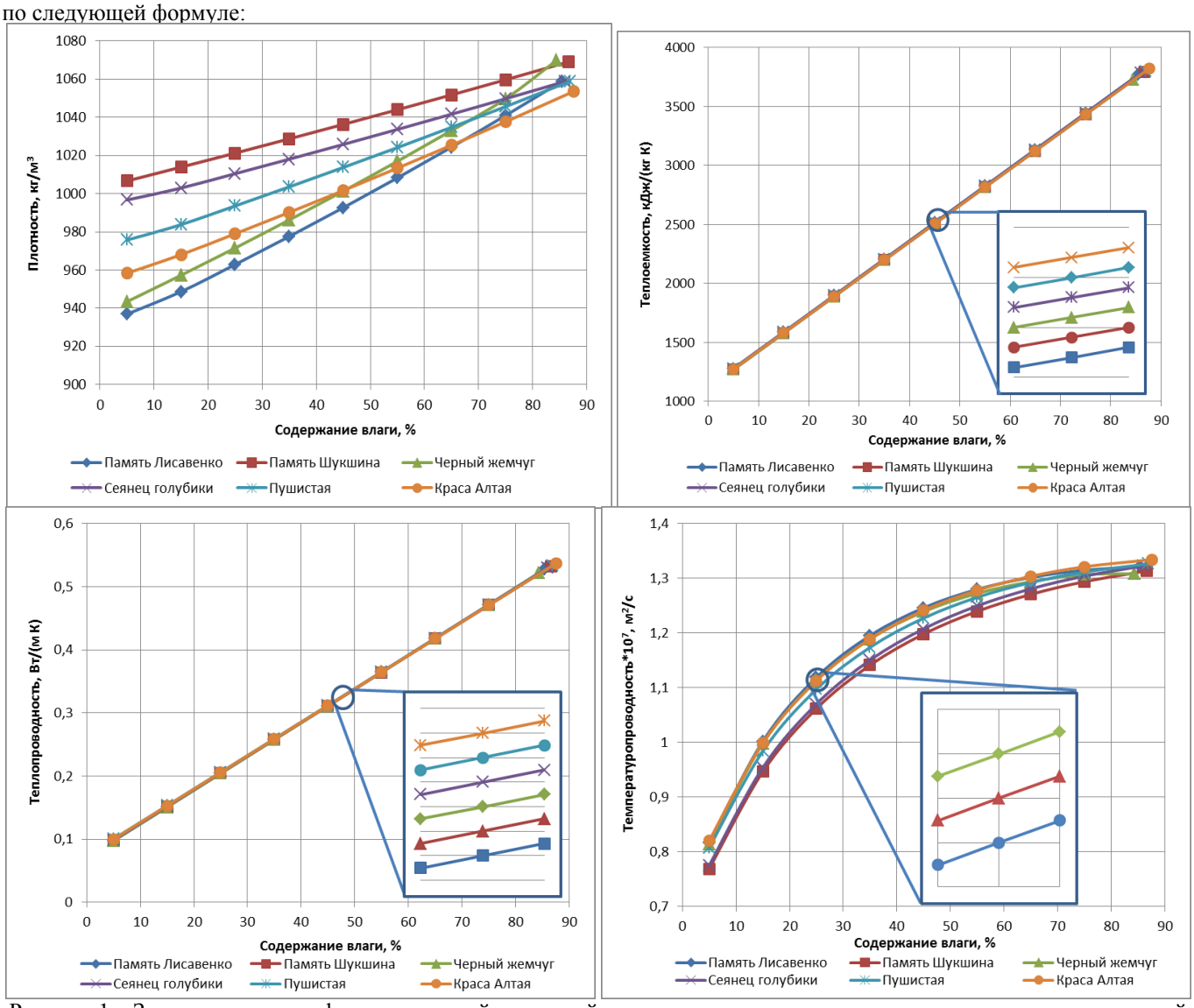


Рисунок 1 – Зависимость теплофизических свойств черной смородины от содержания влаги в процессе конвективной сушки

В процессе удаления влаги из ягоды происходит снижение всех характеристик, представленных на рисунке 1. Установлено, что чем выше исходное значение плотности ягоды, тем большее снижение плотности наблюдается по мере удаления влаги, а сама динамика изменения плотности имеет более линейный характер. По мере конвективной сушки до достижения влаги 5% плотность черной смородины уменьшается на 5÷12% в зависимости от сорта.

Коэффициенты теплопроводности и теплоемкости имеет линейную зависимость от содержания влаги. Теплоемкость для различных сортов черной смородины различается не более чем на 4% и составляет 3728÷3821 кДж/(кг·К) для свежей ягоды и 1268÷1279 кДж/(кг·К) для высушенной ягоды. Коэффициент теплопроводности черной смородины по мере удаления влаги до 5% снижается от 0,537÷0,522 Вт/(м·К) до 0,097÷0,100 Вт/(м·К) для различных сортов.

Наибольшие значения температуропроводности черной смородины всех исследуемых сортов наблюдаются при исходном содержании влаги и составляют $(1,30 \div 1,33) \cdot 10^7$ м^2/с.

Таким образом, на основании полученных расчетов были установлены значения теплофизических свойств ягод черной смородины различных сортов, которые могут быть полезны при моделировании технологических процессов конвективной сушки данного вида сырья, подборе требуемых режимов и оборудования для этих целей.

Список литературы:

1. Короткий, И.А. Исследование и разработка технологий замораживания и низкотемпературного хранения плодово-ягодного сырья Сибирского региона: дисс. док. тех. наук: 05.18.04/ Короткий Игорь Алексеевич. – Кемерово, 2009. - 410 с.
2. Короткий, И.А. Перспективы исследования теплофизических свойств пищевых продуктов / И.А. Короткий, А.В. Усов // Образование в условиях реформ: опыт, проблемы, научные исследования: тезисы Российской научно – практической конференции. – Кемерово, КемТИПП, 1997. – С. 147.
3. Латышев, В.П. Стандартизация данных о теплофизических свойствах пищевых продуктов и материалов / В.П. Латышев, Н.А. Цирульникова // Холодильная техника. – 1986. – №4. – С. 46-47.

МАКАРОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

Романчиков Сергей Александрович

Военная академия материально-технического обеспечения, Санкт-петербург

THE INCREASED NUTRITIONAL VALUE OF PASTA IN COMBAT RATION

Romanchikov Sergei, Military academy of logistics, St. Petersburg

АННОТАЦИЯ

Макаронные изделия являются одним из основных видов продуктов питания военнослужащих. Совершенствование метода производства макаронных изделий, с целью повышения их пищевой ценности, является перспективной задачей в современных условиях.

ABSTRACT

Pasta is to be considered as a staple food of army food rations. This article deals with the improved method of pasta manufacturing. Increasing of the pasta nutritional value is to be considered as a forward-looking challenge in the modern world.

Ключевые слова: военнослужащий; макаронный пресс; способ; питание.

Keywords: soldier, pasta press, approach, technique, food, nutrition.

Создание и производство продуктов питания лечебного и профилактического назначения, комплексное использование пищевого сырья, повышение их качества, пищевой и биологической ценности является важным составляющим звеном «Концепции государственной политики в области здорового питания населения РФ».

Учитывая концепцию Министерства обороны Российской Федерации по развитию и применению войск (сил) Вооруженных сил Российской Федерации в Арктическом регионе, где погодно-климатические условия затрудняют обеспечение войск широким ассортиментом продовольствия, представляется возможным реально и эффективно проводить профилактику различных видов заболеваний с путем обеспечения военнослужащих продуктами улучшенного качества и повышенной ценности.

Полноценное питание, организованное на научных основах, способствует укреплению здоровья военнослужащих, повышению их работоспособности в любых условиях учебной и боевой деятельности.

Проблема оптимального удовлетворения организма человека в пищевых веществах решается на базе теории адекватного питания. Особенно это относится к воинским контингентам, находящимся на нормируемом питании.

Совершенствование действующих норм пайков и разработка новых зависят не только от научных рекомендаций, но, и от экономических возможностей государства, уровня ресурсов продовольствия в стране.

В большинстве современных пайков военнослужащих содержится избыток продуктов хлебной группы и картофеля, что приводит к несоответствию с принятым рациональным соотношением в пайках белков, жиров и углеводов, а также недостатку необходимых микронутриентов. Дефицит белковых, минеральных веществ, полиненасыщенных жирных кислот в рационах питания военнослужащих вынуждают изыскивать источники их пополнения. К числу таких источников относится макаронные изделия.

На их основе, изготовленных как из основного сырья, так из нетрадиционного сырья с помощью различных добавок можно в требуемом направлении корректировать пищевую ценность любого рациона питания.

Применение компьютерного моделирования рецептур с учетом таких факторов, как обеспечение организма пищевыми веществами и энергией, химического состава сырья и выбор технологии его обработки, позволяет промышленности вырабатывать ценные в пищевом отношении и недорогие по стоимости продукты питания.

В настоящее время большим спросом у потребителей пользуются макаронные изделия с различными добавками [2].

Добавки, применяемые в макаронном производстве делятся на: обогатительные, повышающие биологическую ценность макаронных изделий; вкусовые и ароматические добавки (овощные или фруктовые соки и пасты, ароматические вещества); улучшители (поверхностно-активные вещества - ПАВ); витаминные препараты и др.

Однако применение нетрадиционного сырья для изготовления макаронных изделий отрицательно влияет на химические, структурно-механические свойства макаронных изделий, существенно снижает сроки хранения и свойства продукции такого типа при приготовлении блюд. Это требует повышения давления при прессовании или применения новых физических способов обработки макаронного теста.

Нами предлагается комплексный подход к разработке макаронных изделий повышенной пищевой ценности который основывается на теоретически и экспериментально обоснованном выборе таких обогащающих добавок и нетрадиционных видов основного сырья, которые, способствуют повышению пищевой ценности макаронной продукции; обеспечивают стабильность качества макаронных изделий из хлебопекарной муки и придают им специальные физико-химические характеристики, способствующие выработке высококачественной продукции, а также не снижают сроков хранения.

Применяемый процесс прессования макаронных изделий характеризуется большими удельными затратами энергии, а вопросы рационального расходования топливно-энергетических ресурсов приобретают важное значение [1].

В целях повышения качества и расширения ассортимента макаронных изделий, а также, повышения их прочности, увеличения срока хранения, на кафедре материального обеспечения Военной академии материально-технического обеспечения совместно с кафедрой техника пищевых производств и торговли Национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики проводятся исследования по прессованию теста в поле ультразвука и разработке новых видов макаронных изделий [4.]

Использование ультразвука повышает плотность прессованных макаронных изделий, с пищевыми добавками и не традиционного сырья.

Исследования показывают, что ведением прессования теста в поле ультразвука снижает затраты энергии и давление при формовании вязко-пластичных материалов, в следствии чего повышается производительность оборудования, и улучшается качество изделий.

В целях *обогащения* макаронных изделий полноценным белком, минеральными веществами, повышения качества и *расширения* ассортимента макаронных изделий, нами проводятся исследования по разработке новых видов макаронных изделий повышенной пищевой ценности *путем* использования нетрадиционных для макаронного производства видов основного сырья и обогащающих добавок животного и растительного происхождения [3].

Анализ энергетической ценности и процентное соотношение нормы продовольственного пайка к энергетической ценности суммы мяса, крупы и макаронных изделий показал, что суммарное соотношение мяса говядины, крупы овсяной и макаронных изделий в сутки составляет,

1. Норма № 1 (общевойсковой паек) - 9,6 %
2. Норма № 2 (летный паек) - 9,3 %
3. Норма № 3 (морской паек) - 9,3 %
4. Норма № 4 (подводный паек) - 9,2 %
5. Норма № 5 (лечебный паек) - 9,1 %

Для производства модифицированного вида макаронных изделий нами предлагается использовать *муку пшеничную, муки из целого зерна овса* и *мясо говядины сублимационной сушки* в определенном соотношении 55:30:15 [5].

Для определения химического состава и энергетической ценности модифицированных видов макаронных изделий, нами разработана программа [6].

Теоретические показатели химического состава и энергетической ценности, предложенных нами макаронных изделий с добавками, по всем показателям выше макаронных изделий из муки пшеничной высшего сорта.

Проведенный эксперимент показал, положительное влияние ультразвука на производство макаронных изделий, а также выявлена оптимальная амплитуда 20-30 микрометров, в этом диапазоне колебаний матрицы происходит наибольшее уплотнение макаронного теста.

Результаты эксперимента, проводимые в течение 21 дня, показали: что макаронные изделия выработанные в поле ультразвука менее подвержены к плесневению (плотные, нет пористости).

Плотность структуры увеличивается плотность на 12-15 %, 1400 кг на 1м^3 (плотность структуры обычных макарон -1270 кг на 1м^3)

Таким образом:

1. Созданная экспериментальная установка ультразвукового прессования макаронных изделий, позволяет повысить качество макаронных изделий и существенно продлить срок хранения макаронных изделий в сложных климатических условиях базирования специальных контингентов.
2. Применение ультразвука благоприятно сказывается на выроботкемакаронных изделий полноценным белком, минеральными веществами, способствует повышению качества и расширению ассортимента макаронных изделий.
3. Себестоимость макаронных изделий повышенной пищевой ценности выпускаемых с помощью ультразвука будет ниже за счёт снижения затрат на электроэнергию и повышения качества макаронных изделий.
4. Применение высокочастотных (ультразвуковых) механических колебаний, накладываемых на фильеры прессующего устройства, способствует увеличению рабочего ресурса пресс-формы на 30-40%.

Список литературы:

1. Иванов В.С. Сверхвысокочастотный пресс макаронных изделий /Иванов В.С.// Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства». Выпуск 14. – Йошкар-Ола: Марийский ГУ, 2012.
2. Осипова Г. А Теоретическое и экспериментальное обоснование разработки новых видов макаронных изделий повышенной пищевой ценности/ Г.А. Осипова; дис. … д-ра техн. наук О.: 2012. – 45 с.
3. Осипова Г.А., Корячкина С.Я., Волчков А.Н. Способы повышения биологической ценности макаронных изделий: монография – Орёл: ОрёлГТУ, 2010 г.
4. Романчиков С.А., Пахомов В.И. Решение о выдачи патента РФ «Макаронный пресс». № 2013119015 от 08.07.2014 г.
5. Романчиков С.А., Пахомов В.И. Заявление о выдачи патента РФ на изобретение «Способ производства макаронных изделий». Зарегистрированная в ВНИИГПЭ, г. Москва, № 2013127351 от 16.06.2013 г.
6. Романчиков С.А., Гришин А.В., Пахомов В.И., Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610425 от 25.03.2014 «Программа по расчету химического состава и энергетической макаронных изделий».

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИКОВЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Серебрянский Алексей Иванович
канд. техн. наук, доцент Воронежской государственной лесотехнической академии
Юманов Георгий Георгиевич
студент группы ТМ2-122-ОБ Воронежской государственной лесотехнической академии
Картамышев Константин Сергеевич
студент группы ТМ2-122-ОБ Воронежской государственной лесотехнической академии

PROSPECTS of the USE PLASTIC ANTIFRIKCIONNYH MATERIAL
Serebryanskiy Aleksey Ivanovich, kand. tehn. sciences, assistant professor Voronezh State Forestry Engineering Academy
YUmanov Georgiy Georgievich, student of the group TM2-122-OB Voronezh State Forestry Engineering Academy
Kartamyshev Konstantin Sergeevich, student of the group TM2-122-OB Voronezh State Forestry Engineering Academy

АННОТАЦИЯ

Рассматривается возможность применения пластиков в качестве конструкционного материала, снижающего трение, в шарнирах манипуляторов. Представлена технология изготовления пластиков. Изложена методика определения удельных давлений в шарнирах манипуляторов с пластиковыми материалами, снижающими трение.

ABSTRACT

It Is Considered possibility of the using plastic as конструкционного material, reducing friction, in joint manipulator. Presented technology of the fabrication plastic. The Stated methods of the determination of the specific pressures in joint manipulator with plastic material, reducing friction.

Ключевые слова: манипулятор, шарнир, трение, пластик, удельное давление.

The Keywords: manipulator, joint, friction, plastic, specific pressure.

В промышленности широко используются машины, оснащенные манипуляторным технологическим оборудованием. Звенья манипуляторов соединяются между собой и с приводными гидроцилиндрами шарнирными соединениями. Шарнирные соединения являются слабым местом технологического оборудования манипуляторных машин. Рабочий ресурс базовых машин, например, лесозаготовительной и лесохозяйственной техники составляет 5000...7000 моточасов, последние разработки позволили повысить технический уровень металлоконструкций манипуляторов до уровня базовой машины, однако технический уровень шарнирных соединений лесных манипуляторов остается прежним. При наработке до 3000…3300 моточасов шарниры, вследствие износа, выходят из строя [2].

Одной из основных причин низкой износостойкости шарниров лесных манипуляторов является несоответствие смазочного материала условиям работы этих узлов. В качестве смазочного материала в них применяются пластичные смазки (Солидол С, Пресс-солидол С и др.). Смазки такого типа не оправдывают своего применения в узлах трения манипуляторов. Под действием больших удельных нагрузок (до 100 МПа), на которые накладываются динамические нагрузки, а также в результате реверса, в режиме которого работают все шарнирные соединения лесных манипуляторов, пластичные смазки выдавливаются из зоны трения. В результате не образуется устойчивого масляного гидроклина и шарниры манипуляторов работают в режиме граничного и полусухого трения.

Такие условия работы виды изнашивания шарниров манипуляторов, в результате которых снижается их износостойкость: водородное; абразивное; окислительное; в следствии пластической деформации; при фреттинг-коррозии; схватывание, проявляющееся в задирах и заеданиях; и, возможно, коррозионное изнашивание. Проявление этих видов изнашивания при работе шарниров манипуляторов обусловлено спецификой условий работы (высокие удельные нагрузки, наличие динамических нагрузок, работа при температурах воздуха от -30^0С до $+35^0$С, переменчивая влажность воздуха, абразивность окружающей среды, длительные перерывы в работе технологического оборудования) и спецификой предмета труда.

Чтобы исключить или уменьшить влияние этих видов изнашивания на износостойкость таких узлов трения, и повысить их рабочий ресурс, в качестве смазочного материала наиболее целесообразно было бы предположить самосмазывающийся антифрикционный материал, который мог бы гарантировать разделение трущихся поверхностей при работе. В качестве таких материалов могут выступать самосмазывающиеся антифрикционные пластики. В настоящее время, как антифрикционный материал, в шарнирах лесных манипуляторов применяются сталь 45 и Бр. О5Ц5С5, в отдельных случаях антифрикционные чугуны. Было рассмотрено несколько вариантов перспективных антифрикционных и смазочных материалов – это возможность применения баббитов, ТСП, твердых смазок и полимерных материалов. Проведя сравнительный анализ этих материалов выбор был остановлен на самосмазывающемся антифрикционном пластике ЭСТЕРАН-29. Физико-механические свойства этого материала представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства пластика ЭСТЕРАН-29

Параметры	ЭСТЕРАН-29
Плотность, г/см^3.	3.1
Ударная вязкость, кг×см/см^2.	3
Твердость по Бринелю, кгс/мм^2.	22 – 25
Предел прочности при сжатии, кгс/см^2.	800
Интенсивность линейного изнашивания.	0.5×10^{-9}
Диапазон рабочих температур.	-200…+200

Этот материал при довольно низкой себестоимости обладает необходимой прочностью, выдерживает не разрушаясь высокие удельные нагрузки. Диапазон его рабочих температур находится в пределах от -200° до +200°, не требует дополнительного подвода смазки, имеет низкую интенсивность линейного изнашивания и низкий коэффициент трения. Практика позволила установить еще одно преимущество пластиков перед металлами, которое заключается в более высокой абразивной износостойкости. Податливость пластика позволяет твердым частицам погрузиться в тело втулки, благодаря чему износ подшипника резко уменьшается. Проведенные в проектноконструкторском бюро Главстроймеханизации Минстроя СССР лабораторные и эксплуатационные испытания на изнашивание подшипников такого типа, работавших в абразивной среде, показали, что их износостойкость на 25 – 40% выше по сравнению с бронзой. Пластик ЭСТЕРАН-29 представляет собой многокомпонентную систему, в которой в качестве связующего использованы полимеры. В качестве наполнителя в их состав входят твердые смазки со слоистой структурой.

Перерабатываются пластики методом компрессионного и литьевого прессования под давлением от 40 до 100 МПа при температуре (в зависимости от применяемого связующего) 230 - 500°С. Для изготовления деталей из АСП методом прессования используют прессформу (рисунок 1), Габариты прессформы и ее элементов подбираются в соответствии с размерами изготовляемых изделий. Технологический процесс прессования состоит из следующих операций: подготовка сырья, подогрев прессформы до 70 – 800С, загрузка прессформы (засыпка порошка), расплавление порошка, повышение давления до 400 – 1500 кгс/см^2 (величина давления зависит от свойств пластика), выдержка под давлением с продолжительностью из расчета 1 – 4 мин. 1 мм. толщины изделия,термическая обработка изготовленной детали при температуре 160 – 1700С в масле или инфракрасных лучах, механическая обработка (при необходимости).

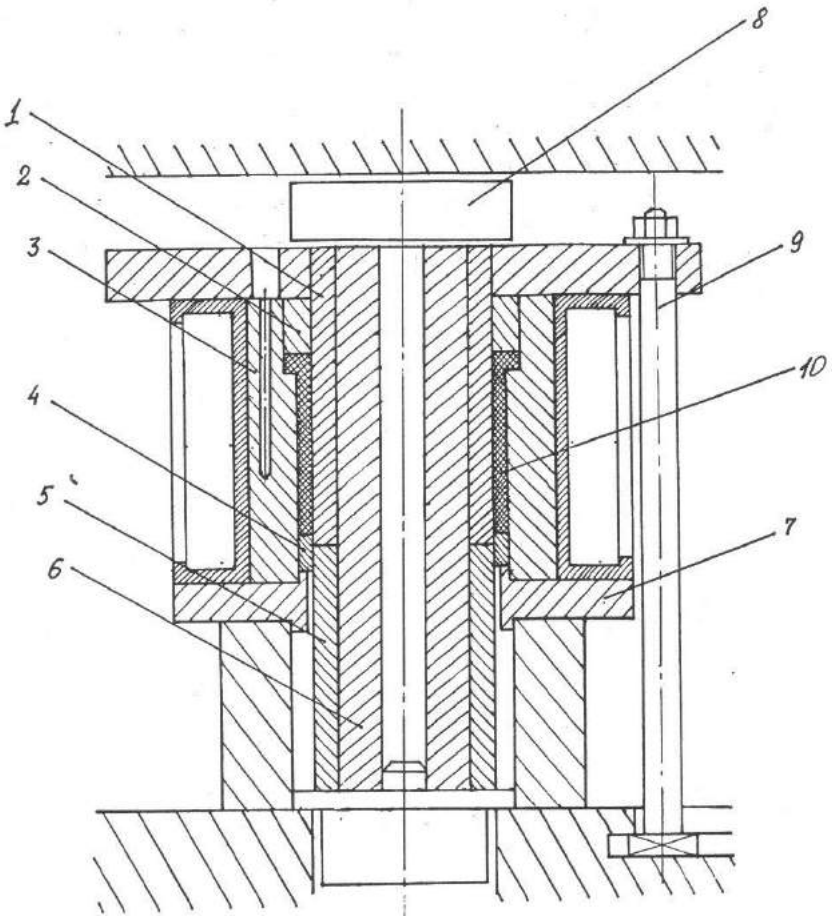


Рисунок 1. Схема прессформы для изготовления деталей из АСП – пластиков.
1 – пуансон верхний, 2 – кольцо верхнее, 3 – обойма, 4 –кольцо нижнее, 5 – пуансон нижний, 6 – стержень, 7 – основание, 8 – прокладка, 9 – установочные болты, 10 - прессуемое изделие.

Для повышения производительности труда при изготовлении изделий целесообразно использовать многокомпонентные конструкции прессформ.

Так как, изменен антифрикционный материал в шарнирах то процесс трения и изнашивания будет происходить несколько иначе. Поэтому необходимо определить действительную величину удельного давления Р. Для определения величины среднего удельного давления $P_{ср}$ воспользуемся решением Г. Герца для внутреннего касания цилиндров, если выполняется условие:

$$\alpha \times ((1-\mu_1^2)+(1-\mu_2^2)\times\psi) \le 0{,}092 \text{ (1), где } \alpha = \frac{R\times 10^3}{l\times E_1\times \Delta} \text{ (1)}$$

где R, кН – расчетная нагрузка, действующая на подшипник; E_1, Мпа – модуль упругости пластика; l, мм – длина антифрикционных втулок подшипника скольжения; Δ - зазор сопряжения.

$$\psi=E_1/E_2 \quad (2)$$

где E_2, Мпа – модуль упругости стали; μ_1 – коэффициент Пуассона пластика; μ_2 – коэффициент Пуассона стали. Если неравенство (1) не выполняется, то, расчет проводится по следующей схеме:

В начале определяется половина угла контакта φ_0, рад.

$$\varphi_0 = C\times(\frac{\alpha}{1+\alpha})^n \quad (4);\ \text{где}\ C = 0{,}32\times(\frac{C_0}{0{,}12}+1)^n \quad (3)\ \text{где}$$

$$C_0 = \frac{\pi}{4}\times((1-\mu_1^2)+(1-\mu_2^2)\times\psi) \quad (6);\ n = m_1\times\mu_1 + m_2\times\mu_2 + n_0^* \quad (4),\ \text{где}$$

$$m_1 = 0{,}07\times(1-\lg\psi) \quad (8);\ m_2 = 0{,}2\times(1+\lg\psi) \quad (5)$$

Максимальное давление в центре дуги контакта P_m определяется:

$$P_m = 5500\times\frac{R}{l\times r_1}\times(\frac{1}{2\varphi_0}+0{,}35) \quad (10);\ \overline{P} = \frac{5000\times R}{l\times r_1\times 2\varphi_0} \quad (6)$$

где R, мм - радиус втулки; l, мм – длина подшипника скольжения. Далее уточняются размеры подшипника по найденному удельному давлению, при этом должно соблюдаться неравенство: d×l>R/P (12)

Если условие выполняется, то необходимость в корректировке размеров подшипника скольжения отпадает.

Более подробно эта методика рассмотрена в работах [3, 4].

Некоторые результаты изложены в работах [5, 6]

Результаты расчетов максимального давления в центре дуги контакта P_m и среднего давления на контакт $\overline{P}$ во всех рассматриваемых шарнирных соединениях для ЭСТЕРАНА – 29 сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Расчетные давления в шарнирах с пластиком ЭСТЕРАН – 29

	ЛП – 19А	ЛП – 49, ЛП –18А	ЛП – 17А, ТБ – 1М
	Подвеска – рукоять		
P_m, МПа.	26,57	28,67	29,19
$\overline{P}$, МПа.	19,68	21,69	22,03
	Рукоять – стрела		
P_m, МПа.	38,48	29,87	43,7
$\overline{P}$, МПа.	27,2	21,81	32,73
	Стрела – поворотная колонка		
P_m, МПа.	38,48	33,4	33,35
$\overline{P}$, МПа.	27,2	24,04	25,76

Таким образом, как видно из выше приведенного, антифрикционные пластики типа АМАН, а именно ЭСТЕРАН-29, существенно выигрывает по сравнению с традиционными материалами и вполне может применяться в качестве антифрикционного материала в шарнирных соединениях манипуляторов лесозаготовительных и лесохозяйственных машин. Наиболее целесообразным конструктивным исполнением узла трения представляется конструкция, в которой реверсивное трение преобразовывается в прерывистое вращательное, как это представлено в работе [1].

Список литературы:

1. Патент на изобретение 2242644 РФ, МПК[7] 7 F 16 C 11/00. Шарнирное соединение [Текст]/ А.И. Серебрянский, Н.С. Смогунов, Ф.В. Пошарников ; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. - № 2003118950/11; заявл. 24.06.2003 ; опубл. 20.12.2004
2. Серебрянский А.И. Повышение износостойкости шарниров лесных манипуляторов на основе замены реверсивного трения вращательным : автореф. . канд. техн. наук: 05.21.01 / Воронеж. гос. лесотехн. акад. — Воронеж, 2003 .— 20 с. : ил.
3. Серебрянский А. И., Афоничев Д.Н., Ворохобин А.В. Повышение износостойкости шарнирных соединений манипуляторов при ремонте // Вестник Воронежского аграрного государственного университета. Теоретический и научно-практический журнал. – 2012. - Вып. 2 (33). - С. 107-111.
4. Серебрянский, А. И. Определение фактических величин давлений в подшипниках скольжения с антифрикционными пластиками [Текст] / А. И. Серебрянский, Д. А. Канищев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции / гл. ред. В.М. Бугаков ; Фед. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Воронеж. гос. лесотехн. акад.». – Воронеж, 2013. - №3(3). – С. 176-180. – Библиогр.: с. 180(6 назв.).

5. Serebryansky A.I Constructive exception of friction reversibility based on the analysis of the joint manipulators operating characteristics. Europäische Fachhochschule = European Applied Sciences. 2013. Т. 2. №5. С. 21-24

6. Serebryanskii Aleksei. Except the negative reverse effect and automatically compensate for wear in the hinge manipulators // DOAJ - Lund University: Koncept : Scientific and Methodological e-magazine. - Lund, №4 (Collected works, Best Article), 2014. - URL: http://www.doaj.net/2534/

ВНЕПЕЧНАЯ ДЕФОСФОРАЦИЯ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО ПОЛУПРОДУКТА ПРИ ПЕРЕДЕЛЕ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩЕГО ЧУГУНА БЕСФЛЮСОВЫМ МОНОПРОЦЕССОМ

Леонид Андреевич Смирнов,
Академик РАН, д.т.н., профессор, научный руководитель института,
Дмитрий Сергеевич Шульмин,
аспирант, младший научный сотрудник
Андрей Леонидович Смирнов,
старший инженер (все ОАО «Уральский институт металлов»)
Юрий Андреевич Дерябин
д. т. н., начальник сталеплавильного отдела ОАО «УРАЛГИПРОМЕЗ»,

SECONDARY DEPHOSPHORIZATION OF LOW-CARBON STEEL SEMI-PRODUCT DURING THE PROCESSING OF IRON CONTAINING VANADIUM BY FLUXLESS MONOPROCESS

Leonid Smirnov, Academician, Doctor of Sciences, professor, scientific director of the Institute,
Dmitrii Shulmin, graduate student, junior researcherAndrey Smirnov, senior engineer, (all of "Ural Institute of Metals" Co)
Yurii Deryabin, Doctor of Sciences, head of steelmaking department "Uralgipromez" Co,

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование процессов внепечной дефосфорации низкоуглеродистого стального полупродукта. Проводили обработку металла ШОС системы CaO-FeO-CaF_2 при сливе в ковш. Установлена возможность получения степени дефосфорации 50-60% при исходном содержании фосфора в металле 0,050-0,060% и расходе смеси 3% от веса металла. Определен оптимальный состав дефосфорирующего шлака: CaO/FeO = 3,5-4,0, (CaO) ≈ 70-75%, (FeO) ≈ 20%. Показана перспективность вдувания порошковых дефосфорирующих смесей для увеличения степени дефосфорации металла до 80-90% и достижения $[P]_K \leq 0{,}005\%$.

ABSTRACT

The study of the secondary dephosphorization processes of low-carbon steel semi-product was made. The treatment of metal by slag mixture systems CaO-FeO-CaF2 was carried out when tapping in the ladle. The possibility of obtaining dephosphorization degree about 50-60% at the initial phosphorus content in the metal = 0,050-0,060% and a mixture flow of 3% by weight of the metal was found. The optimum composition of the dephosphorization slag was established: CaO / FeO = 3,5-4,0, (CaO) ≈ 70-75%, (FeO) ≈ 20%. Shown the perspectives of powder dephosphorization mixtures blowing to increase the degree of metal dephosphorization up to 80-90% and the achievement of $[P]_{final} \leq 0{,}005\%$.

Ключевые слова: бесфлюсовый монопроцесс, внепечная дефосфорация, твердые шлаковые смеси.

Keywords: fluxless monoprocess, ladle dephosphorization, solid slag mixture.

Передел ванадийсодержащих чугунов бесфлюсовым монопроцессом позволяет существенно увеличить производительность конвертеров за счет ликвидации выпуска и повторной заливки углеродистого полупродукта на промежуточной стадии, повысить полноту деванадации, получать высококачественный товарный ванадиевый шлак с низким содержанием P_2O_5 и CaO. Однако, при отсутствии в составе конвертерного шлака оксидов кальция, дефосфорации и десульфурации металла не происходит, что подтверждается как лабораторными экспериментами [1], так и производственными данными (табл. 1).

Таблица 1

Содержание фосфора и углерода в металле при бесфлюсовом монопроцессе (160-т конвертер)

Металл	Содержание элемента	Номер плавки								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чугун	P, %	0,040	0,045	0,021	0,031	0,025	0,034	0,027	0,030	0,027
Металл после продувки	P, %	0,045	0,039	0,023	0,039	0,031	0,037	0,032	0,033	0,035
	C, %	0,033	0,031	0,029	< 0,09	< 0,045	0,028	0,035	0,033	< 0,044

Если флюсовый конвертерный процесс позволяет получать металл с [P] <0,010% без дополнительной обработки, то в случае бесфлюсового монопроцесса полупродукт содержит [P] ≈ 0,025-0,045% (табл. 1). В зависимости от состава шихтовых материалов вдоменном процессе [P]может повышаться до 0,05-0,06%. Следовательно, при бесфлюсовом монопроцессе для снижения $[P]_к \leq 0{,}010\%$ необходимо проводить дополнительную внепечную обработку с эффективностью удаления фосфора не менее 70-80%, практическая возможность которой подтверждается в ряде отечественных [2, 3] и зарубежных работ [4].

Содержание фосфора в готовой стали будет зависеть от его количества, вносимого с ферросплавами и восстанавливаемого из печного шлака. После внесения ферросплавов [P] возрастает: для спокойной углеродистой стали – на 0,001-0,002%, для низколегированной – до 0,010%. Прирост [P] от его восстановления из шлака составляет до 0,002-0,004%. В итоге в металл дополнительно попадает 0,003-0,005% фосфора которые также необходимо учитывать при выплавке качественной и высококачественной стали.

Для изучения закономерностей процесса внепечной дефосфорации низкоуглеродистого полупродукта провели серию опытов по обработке его при выпуске в ковш порошковыми смесями системы CaO-FeO-CaF_2, масс. %: 1). 70 CaO, 20 FeO, 10 CaF_2; 2). 60 CaO, 30 FeO, 10 CaF_2; 3). 40 CaO, 40 FeO, 20 CaF_2. Металл состава, % масс.: 0,04-0,15 C; 0,047-0,087 P; 0,055 – 0,128 S; V, Mn, Ti, Si – следы, расплавляли в 170-кг индукционной печи. По достижении температур 1660-1680 °C металл сливали в хорошо прогретый ковш с магнезитовой футеровкой. При сливе полупродуктчастично раскисляли алюминием и обрабатывали ШОС, крупностью – 0,5 мм в количестве 2%, 2,5% и 3% от массы металла. После обработки шлак скачивали. Пробы металла отбирали до и после слива в ковш. Результаты проведенных опытов и рассчитанные параметры дефосфорации приведены в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2

Результаты опытов по дефосфорации низкоуглеродистого металла порошковой смесью

№ п/п	Параметр	Смесь 1			Смесь 2			Смесь 3	
1.	Расход смеси, %	2,0	2,5	3,0	2,0	2,0	2,5	2,0	2,5
2.	[P]н, %	0,068	0,060	0,056	0,067	0,062	0,066	0,087	0,047
3.	[P]к, %	0,040	0,035	0,022	0,039	0,031	0,037	0,050	0,028
4.	ΔP/ 1% расхода смеси	0,014	0,010	0,011	0,014	0,016	0,012	0,019	0,008
5.	η_P, %	41,18	41,67	60,71	41,79	50,00	43,94	42,53	40,43
6.	λ	0,019	0,024	0,028	0,019	0,019	0,024	0,018	0,024
7.	Lp= (P_2O_5)/[P]к	85,58	68,83	124,71	87,78	122,95	75,97	93,46	65,78
8.	$[P]_{равн.}$ (1600 ˚C)	0,005	0,003	0,0023	0,006	0,006	0,005	0,034	0,0156

Из полученных данных видно, что степень удаления фосфора составляет 40,4 – 60,7%. Верхний предел соответствует смеси 1 – оптимальной по данным работы [2], при расходе 3%. При дефосфорации ШОС промежуточного состава (смесь 2) в количестве 2–2,5% окисляется около 42–50% фосфора. Худшие результаты показала смеси 3, с наиболее низкой концентрацией CaO в составе смеси. Десульфурации металла не происходило.

По результатам исследования выявлена четкая зависимость содержания фосфора в металле после обработки $[P]_к$ от его исходной концентрации $[P]_н$ (рис. 1а). Эта взаимосвязь проявляется, несмотря на возрастание общего количества удаленного фосфора $\Delta P_{масс.\%}$ (рис. 1б). Количество удаленного фосфора, отнесенное к расходу смеси, можно считать мерой её удельной дефосфорирующей способности. Переход к удельному показателю позволяет устранить влияние расхода смеси и выявить достаточно надежную эмпирическую зависимость, охватывающую все экспериментальные точки (рисунок 1в).

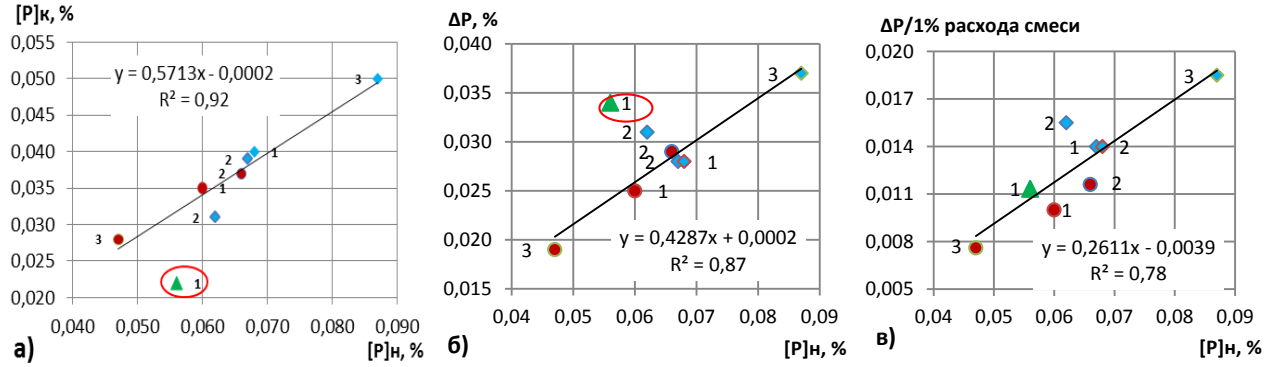


Рисунок 1. Влияние $[P]_н$ на показатели дефосфорации: а - $[P]_к = \varphi([P]_н)$; б - $\Delta[P] = \varphi([P]_н)$; в - $\Delta[P]/1\%$ расхода смеси = $\varphi([P]_н)$. Здесь и далее: расход смеси - ♦ - 2,0 %, ● – 2,5 %, ▲ – 3,0 % от веса металла, цифры у точек – номер смеси,

Выявленные зависимости свидетельствуют о том, что реакция дефосфорации в указанных условиях является реакцией первого порядка и скорость процесса, в основном, лимитируется массопереносом фосфора к межфазной границе металл-шлак.

В результате происходящих процессов масса и состав шлака могут меняться, отклоняясь от массы и состава ШОС. На рис. 2 приведены зависимости удельной дефосфорирующей способности смеси и фактического коэффициента распределения фосфора L_P от соотношения (CaO)/(FeO) в конечном шлаке. Некоторое возрастание эффективности дефосфорации с ростом отношения (CaO)/(FeO) до оптимальной величины ~ 3,5-4,5 объясняется, по-видимому, повышением фосфатной емкости шлака, при дальнейшем его росте ухудшаются условия шлакообразования и снижается окисленность шлака, а более низкие значения не обеспечивают получение шлака с достаточной основностью.

Наблюдается некоторое влияние величины угара углерода $\Delta C_{\%масс.}$ на количество удаленного фосфора

$\Delta P_{\%масс}$ с максимумом при ΔC = 0,025-0,035% и снижение эффективности дефосфорации с ростом начального содержания углерода в металле. В первом случае, этот эффект может объясняться влиянием перемешивания металла пузырьками CO, а во-втором расходом кислорода на обезуглероживание и снижением начальной окисленности металла.

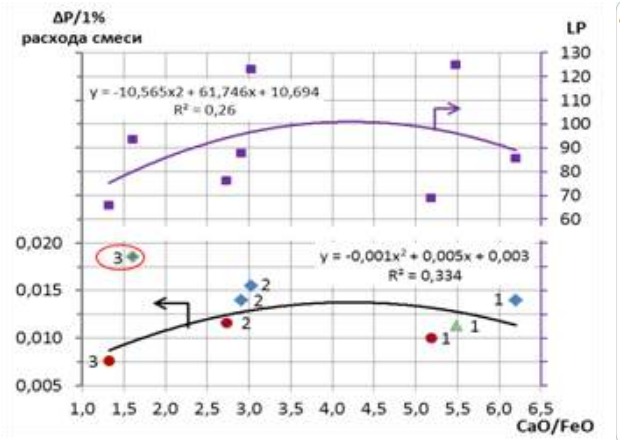


Рисунок 2. Зависимость удельной дефосфорирующей способности смеси и коэффициента распределения фосфора от соотношения CaO/FeO в шлаке (точка 3♦ с $[P]_н$= 0,087% не входит в расчет уравнения корреляции).

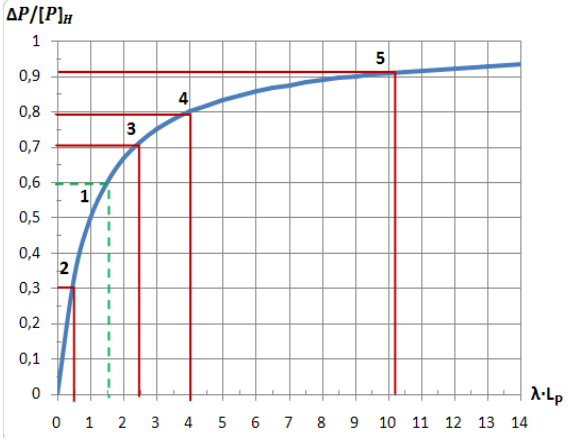


Рисунок 3. Степень дефосфорации низкоуглеродистого металла шлаками системы CaO-FeO-CaF_2 в зависимости от λ·Lp'. Кривая – рассчет по уравнению (8). Цифры – см. текст.

Представляет интерес сравнение фактически достигнутых концентраций фосфора в металле $[P]_к$ с равновесными $[P]_{равн}$, рассчитанных по доработанной методике Хили [5, 6]:

$$lgLp = 22350/T - 20,504 + 5,6lg((CaO) + 0,72(CaF_2)) + 2,5\ lg(Fe_t) + C_1 \quad (1),$$

$$C_1 = 7,1lg\Sigma_+ - 9,6\ lgN'_O - 7,6\ lgK'_{CaOнас.} - 2,5lgK'_{FeO} \quad (2),$$

$$K'_{CaOнас.} = 1 / N'_{Ca} N'_O,\ K'_{FeO} = a_{FeO} / N'_{Fe} N'_O \quad (3,4).$$

Расчет активности a_{FeO} проведен по формуле М.Я. Меджибожского:

$$a_{FeO} = ((FeO)*100)/(1,3(CaO)+(FeO)-1,8(P_2O_5)) \quad (5).$$

Результаты расчета $[P]_{равн.}$ при 1600 ˚C приведены в табл. 2. Наблюдается значительное превышение $[P]_к$ над $[P]_{равн.}$ Смесь 1 при $[P]_н$ = 0,047-0,066% обеспечивает $[P]_{равн.}$ = 0,002-0,005%, смесь 2 – 0,005-0,006%, а смесь 3 - $[P]_{равн.} \geq$ 0,015%. Расчетные значения $L_P'_{равн.}$= (P)/$[P]_к$ при 1600˚C достигали величины 693-893 для смеси 1, 497-533 для смеси 2, что согласуется с литературными данными [6, 7] для системы CaO-FeO-P_2O_5. По полученным результатам прослеживается, также, зависимость $[P]_{равн.}$ от соотношения (CaO)/(FeO) в шлаке, аналогичная экспериментальной.

Для анализа влияния распределения фосфора между шлаком и металлом, кратности шлака и технологических особенностей ввода ШОС на степень дефосфорации применялось уравнение материального баланса по фосфору:

$$M[P]_H + m_{ШОС}(P)_H = M[P]_K + m_{шл.}(P)_K \quad (6).$$

где: M – масса металла, кг; $m_{ШОС}$, $m_{шл.}$– масса ШОС и конечного шлака соответственно, кг; $(P)_H$, $(P)_K$, % масс. – начальное и конечное содержание фосфора в шлаке. Принимая $(P)_н$ = 0 в итоге получаем зависимости:

$$[P]_K = \frac{[P]_H}{1+\lambda \cdot L_P} \quad (7),$$

$$\frac{\Delta[P]}{[P]_H} = 1 - \frac{1}{1+\lambda \cdot L_P} \quad (8),$$

$$L_P = \left(\frac{1}{1-\frac{\Delta[P]}{[P]_H}} - 1\right)/\lambda \quad (9),$$

В условиях опытов максимальная кратность шлака составила 0,028, максимальный фактический Lp' = 54,45, а степень дефосфорации - 60,7%. На рис. 3 цифрой 1 обозначено положение экспериментальных значений на диаграмме зависимости $\Delta P/[P]_H$ от параметра $\lambda \cdot L_P'$. На этот же график нанесены значения степени дефосфорации, полученные при различных технологических вариантах внепечной дефосфорирующей обработки низкоуглеродистого металла с $[P]_H \approx$ 0,055%. ШОС системы CaO-Fe_tO-CaF_2 оптимального состава (7:2:1) при расходе смеси 2,5%:

1). Выдержка металла со шлаком без перемешивания: η_P = 31%; [P]к = 0,039%; $\lambda \cdot L_P'$ = 0,45; $L_P' \sim 18$ («2» на рис. 3); 2). присадка на поверхность с последующей продувкой кислородом: η_P = 71%; [P]к = 0,016%; $\lambda \cdot L_P'$ = 2,45; $L_P' \sim 98$ («3» на рис. 3); 3). поверхностный подвод смеси в токе кислорода: η_P= 80%; [P]к = 0,011%; $\lambda \cdot L_P'$ = 4; $L_P' \sim 160$ («4» на рис. 3); 4). вдувание смеси в токе кислорода через трубу, погруженную в металл: η_P = 91%; $[P]_к$ = 0,005%; $\lambda \cdot L_P'$ = 10,1; $L_P' \sim 400$ («5» на рис. 3).

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют о высокой эффективности вдувания рафинировочной смеси в объем металла. Высокий $L_P' \sim 400$, говорит о значительном снижении диффузионных затруднений и приближении системы к равновесию при данном способе ввода [7].

Выводы:

Исследована внепечная дефосфорация низкоуглеродистого (0,04-0,15% C) полупродукта, получаемого при переделе ванадийсодержащего чугуна бесфлюсовым монопроцессом, обработкой ШОС системы CaO-FeO-CaF_2 при сливе металла в ковш. Установлена возможность по-

лучения степени дефосфорации 50-60% при исходном содержании фосфора в металле 0,050-0,060% и расходе смеси 3% от веса металла.

Определен оптимальный состав дефосфорирующего шлака: CaO/FeO = 3,5-4,0, (CaO) ≈ 70-75%, (FeO) ≈ 20%. Показана перспективность вдувания порошковых дефосфорирующих смесей для увеличения степени дефосфорации металла до 80-90% и достижения $[P]_K \leq$ 0,005%.

Список литературы:

1. Смирнов Л.А., Дерябин Ю.А., Довголюк Л.В. Поведение ванадия при продувке ванадиевого чугуна. Сообщение 2 // Известия ВУЗ. Черная металлургия. 1979. №12. С. 30-33.
2. Ладыженский Б.Н.. Применение порошкообразных материалов в сталеплавильном процессе.М.: Металлургия, 1973 г. 312 с.
3. Сидоренко М.Ф. Теория и практика продувки металла порошками. М.: Металлургия, 1973. 303 с.
4. Bannenberg N., Lachmund H. Metallurgical procedures to achieve very low phosphorus contents // Revue metalurgie (Fr.). 91 (1994). №7-8. P. 1043-1054. V-VI.
5. Healy G.W. A new look on phosphorus distribution // Journal of The Iron and Steel Institute. 1970. V. 208. P. 664-668.
6. Развитие процесса дефосфорации стали в ковше на фирме NKK / Кикучи И., Такахаши К., Каваи И., Каваками К., Тенма Х., Тагучи К. // Инжекционная металлургия ’83. Сб. трудов / пер. В.К.Бабич, др.; ред. М.Ф.Сидоренко. М.: Металлургия. 1986. с. 67-78.
7. Такэси Н.,Мицумото Х., Сиро М. Равновесное распределение фосфора между шлаками системы FeO_t-CaO-P_2O_5-SiO_2-MgO и жидким железом // Tetsu to hagane. 1985. 71. №12. P. 903.

ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА ЗДАНИЙ ИЗ ОБЪЕМНЫХ УНИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Сычев Сергей Анатольевич

к.т.н., докторант, Россия, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Принципы высокоскоростного полносборного индустриального строительства в условиях Севера состоят в следующем: применение индустриальных унифицированных конструкций заводского изготовления в виде легких многослойных сэндвич-панелей и укрупненных блок-модулей нескольких типов; комплексная механизация сборочных процессов, транспортизация и поточная организация монтажа элементов на основе комплектных поставок сэндвич-панелей; технологичность проектных решений, точность монтажа и ритмичность сборочно-монтажных операций на строительной площадке средствами мобильной малогабаритной техники. Такой технологии гарантирует минимальные затраты труда, уменьшает продолжительность сборки, повышает качество, быструю готовность объектов и энергоэффективность объемно-блочного строительства в суровых климатических условиях и слабой инфраструктуре. Наиболее важными показателями при выборе вариантов конструктивно-технологических решений в суровых условиях являются продолжительность выполнения работ и ускоренные темпы интенсификации процессов. Быстровозводимые модульные здания (БМЗ) - это сооружения, монтируемые из объемных унифицированных элементов - блок-модулей заводского изготовления, включая системы внутреннего инженерного оборудования, обеспечивающих заданные физико-механические свойства конструкций, устойчивость, жесткость, прочность, неизменяемость геометрических размеров модулей при их транспортировании и монтаже.

Различные способы поэлементного монтажа зданий, включающего поэтапный монтаж каркаса здания, кровли и несущих элементов перекрытий и покрытий, имеют известные недостатки, связанные с зависимостью от метеоусловий, большой трудоемкостью работ, значительными сроками монтажа, необходимостью применения тяжелого транспортного и подъемно-монтажного оборудования. Основным недостатком вариантного проектировании технологии возведения зданий и сооружений (в частности, технологии монтажа конструкций), является одновариантность, ориентированная на заранее определенную последовательность процессов. Отечественный и зарубежный опыт строительства в северных районах показывает, что центр тяжести затрат переносится на отдаленные жилищные объекты и здания промышленно-общественного назначения.

Анализ показывает целесообразность применения ускоренной технологии возведение зданий и мансардных этажей из объемных блоков полной заводской готовности, а также новые технологии возведения мансард из монолитного пенобетона, легких металлических конструкций, несъемной опалубки VELOX, технологии каркасно-деревянных панелей Haus-Concept, клееных деревянных конструкций SEPA и сэндвич-панелей (Россия), австрийской компании H. Katzenberger Beton (Австрия) - многоугольные стеновые элементы мансарды из сборного железобетона. Уникальная технология китайской строительной компания Broad Sustainable Building (BSB) усовершенствовавшей уникальную технологию сверхбыстрой постройки зданий из готовых к сборке модулей, сооружая пятизвездочный отель в 30 этажей за 15 дней. На место строительства привозятся заранее изготовленные на заводах элементы здания: несущие стальные колонны, панели стен и полов, с вмонтированными в них электрическими кабелями, водопроводными трубами, напольной плиткой и светодиодными светильниками. Элементы соединяются друг с другом по типу «LEGO», монтируются лестницы и внешние стены из многослойных стеклопакетов 15 см толщины. Характерно, что в здание монтируется гигантский «холодильник», работающий на природном газе. Такой агрегат централизованной системы кондиционирования и вентиляции весом 3500 т способен охлаждать 500 тыс. кубометров жилплощади.

Технология ускоренного монтажа мансард из укрупненных унифицированных сэндвич-панелей. Разработана и обоснована принципиально новая индустриальная быстровозводимая технология ускоренного монтажа мансард из унифицированных ЛМК сэндвич-панелей, обеспечивающая скоростной монтаж и точность сборки при использовании малогабаритных мобильных средств

механизации: многофункционального гидравлического подъемника-манипулятора и передвижных подмостей в виде монтажной фермы-шаблон.

Суть ускоренной полносборной технологии устройства мансарды состоит в следующем: на уровне монтажного горизонта по несущим стенам периметра здания устраивают бетонный пояс, в котором анкерах устанавливают угловые панели. Ферма-шаблон (передвижной кондуктор) применяется для предотвращения складывания и прогиба конструкций. Разработанное конструктивно-технологическое решение стыковки сэндвич-панелей монтажа блока на рис. 1.

Следует отметить, что технология изготовления позволяет транспортировать элементы здания целиком без применения техники высокой грузоподъемности. Для примера, при ширине здания 12 метров, применяется 5 угловых и 10 прямолинейных панелей, при этом высота мансарды составит 3,65 м.

Технология монтажа зданий и мансард из блок-модулей полной заводской готовности. Объёмно-пространственный блок-модуль - это комплексно проработанная технологами, архитекторами, конструкторами, монтажниками и другими специалистами комбинированная система рис. 2, в которой оптимальным образом учитываются факторы экономичности, технологичности изготовления, транспортирования, монтажа и демонтажа, удобства и безопасности эксплуатации.

Опытно-производственные работы подтверждают, что при дистанционном управлении монтажным краном, оборудованным координатно-шаговым механизмом и жесткой траверсой, сокращается время монтажного цикла в 1,5 раза и увеличивается производительность крана на 40-60 %.

Для примера, двухэтажный 10 квартирный жилой дом из 28 объемных блок-модулей полной заводской готовности с размерами в плане 20,5 х 24,0 м имеет техническое подполье, два жилых этажа с высотой помещений 2,5 м в свету, чердак со скатной крышей. Фундаменты здания – ленточные бетонные с продольными и поперечными стенами, обеспечивающими опирание объемных блок-модулей нижней поверхностью по всему их периметру.

Объём дома V= 3225 м^3; Площадь F = 976 м^2; Высота 2 этажа; Масса 20 т. При этом степень заводской готовности – 95%.

REFERENCES

1. Adam FM (2005) Technical diagnostics and monitoring during the construction and operation of prefabricated modular buildings based on the criteria of safety and quality: avtoref. dis. on competition is Learned. step. doctor of technical Sciences: specialty 05.23.08 Technology and organization of construction». SPbgasu, SPb, Russia, pp. 33.
2. Adam FM (2001) Modulare Raumsysteme als moderne Form des Bauens. Berlin, Germany, pp. 54.
3. Badin G, Sychev S, Pavlova N (March, 2013) Energy-economic house: Energy-Efficient construction technologies. Journal TransmitWorld, Verona, Italia, pp. 10.
4. Badin G.M., Sychev S.A. (2013) Modern technologies of construction and reconstruction of buildings. BHV-Petersburg, St. Petersburg, Russia, pp. 288.
5. Foreitek T (2010) Concrete attic of polygonal wall of precast elements designed in Allplan Precast. - № 10. //Housing construction, Moscow, Russia, pp. 44–47.
6. Peldschus F, Zavadskas E (1997) Matrix games in building technology and management. Technika, Vilnius, Estonia. pp. 89.
7. Sychev SA. (2011) Технология ускоренного возведения мансард. LAP LAMBERT AP, Germany, pp. 152.
8. Sychev SA (2008) Technology of installation of prefabricated structures. *Bulletin of Civil Engineers*, 3(29): 28-30.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ «УСТОЙЧИВОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА

Сычев Сергей Анатольевич

К.т.н., докторант Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

Павлова Надежда Алексеевна

Архитектор

THE BASIC PRINCIPLES OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION

Sychev Sergei, Candidate of technical Sciences, doctoral student of Saint Petersburg state architectural and construction University

Pavlova Nadezhda, Architect

АННОТАЦИЯ

Цель процесса – найти оптимальное сочетание решений, которое позволит создать здание с максимально возможным соответствием экостандартам, учитывая природно-климатические условия местности, функциональное назначение, архитектурные предпочтения и требования нормативных документов. Мероприятия, направленные на выполнение вышеизложенных требований, подразумевают выполнение комплекса объемно-планировочных, конструктивных, технологических решений, а также современное инженерное оборудование. Проектирование с использованием принципов устойчивого строительства происходит при постоянном взаимодействии специалистов, отвечающих за архитектурные, конструктивные решения, «зеленые» технологии, начиная с момента зарождения концепции. Это обусловлено интеграцией составляющих для получения наибольшего эффекта от принятых мероприятий. Таким образом, комплексное использование основных положений на практике требует одновременного анализа множества факторов. Интегральный характер устойчивого строительства ставит перед специалистами задачу, решение которой индивидуально в каждом конкретном случаи, обеспечивает устойчивое развитие и часто является инновационным.

ABSTRACT

The goal is to find the optimal combination of solutions that will create the building with the highest possible according to ecological standards, taking into account natural-climatic conditions of the location, functionality, architectural preferences and requirements of normative documents. Activities aimed at fulfilling the above requirements, involves a complex space-

planning, constructive and technological solutions, as well as modern engineering equipment. Design with the use of the principles of sustainable construction is in constant interaction of specialists responsible for architectural, constructive solutions, "green" technologies, since the inception of the concept. This is due to the integration components for obtaining maximum effect of these events. Thus, complex use of the main provisions in practice requires the simultaneous analysis of multiple factors. The integrated nature of sustainable construction poses experts a task which individually in each specific cases, provides sustainable development and often is innovative.

Ключевые слова: экодом, энергоэффективность.
Keywords: ecohouse, energy efficiency.

Концепция устойчивого развития общества, зародившаяся в конце XX века, стала основой для создания строительных решений и проектов нового XXI столетия, выходящих за рамки привычной архитектуры и направленных на поддержку принятой стратегии. В результате, в обиход вошло такое понятие, как устойчивое строительство.

Устойчивое строительство подразумевает бережное отношение к окружающей среде и здоровью человека начиная с момента производства строительных материалов до окончания жизненного цикла здания и утилизации его конструкций, соблюдение этических норм, положительное эстетическое воздействие, инновационность и экономическую эффективность.

В отношении воздействия на окружающую среду включает в себя следующие требования (рис. 1):

- сокращение выбросов CO_2 и тепловых выделений в атмосферу;
- использование возобновляемых источников энергии;
- сбережение энергетических и природных ресурсов;
- использование экологичных и возобновляемых строительных материалов;
- сокращение негативного воздействия земляных работ;
- создание благоприятного для человека микроклимата помещений;
- возможность утилизации конструкций или переработки для последующего использования.

Рисунок 1. Экологические требования устойчивого строительства

В зданиях, проектируемых по принципам устойчивого строительства, стремятся получить максимально возможный положительный эффект от мероприятий, направленных на выполнение вышеизложенных требований. Для этого применяют комплекс объемно-планировочных, конструктивных, технологических решений, а также современное инженерное оборудование [3].

Сокращение потерь тепла можно достичь за счет повышения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания. Для этого применяют высокоэффективные утеплители, конструкционные материалы с малыми коэффициентами теплопроводности, окна с покрытием, сохраняющим тепловую энергию, камеры которых заполнены инертными газами.

Одной из причин увеличения тепловых потерь является низкое качество и неплотность сопряжений окон, дверей, ограждающих конструкций. Поэтому герметичная заделка всех стыков и щелей, поможет исключить утечки теплоты.

Значительно снизить теплопотери возможно с помощью объемно-планировочных решений. Одно из самых простых – наличие тамбуров на входах [2, с. 48]. Воз-

можно придать зданию форму, обеспечивающую минимальную площадь наружных стен. Отношение площади ограждающих конструкций к объему учитывается коэффициентом компактности и нормируется СП 50.13330.2012. Чем меньше данная величина, т.е. чем компактней форма, тем меньше тепла будет потеряно [2, с. 46] (рис. 2).

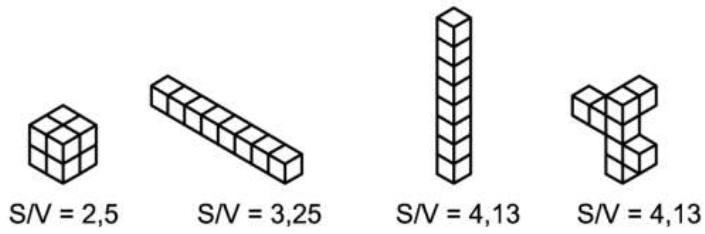


Рисунок 2. Сравнительное соотношение S/V

Если сравнивать два дома, форма одного из которых – полусфера, а другого – параллелепипед, с размерами, указанными на рис. 3 и рис. 4 соответственно, то получим следующее. Объем сферы составляет $V = \frac{4\pi R^3}{3} = 268$ м^3, значит, объем купольного дома (полусфера) составит 134 м^3. Таким образом, при почти одинаковом объеме (130 м3 против 134 м3) площадь поверхности прямоугольного дома составляет 128,0 м^2, а площадь поверхности купольного дома – 100,5 м^2. Следовательно, купольный дом более компактный и потеряет тепла меньше как минимум на 20% [2, с. 62].

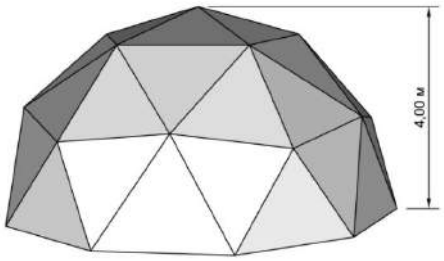


Рисунок 3. Тестовый дом в форме полусферы (геодезический купол)

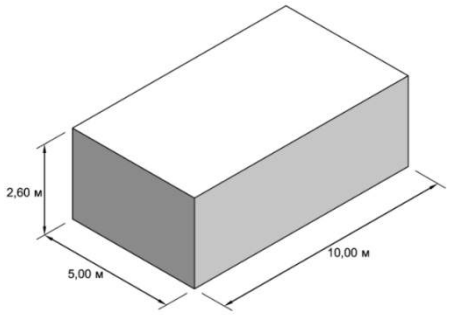


Рисунок 4. Тестовый дом прямоугольной формы

Утилизация тепла для подогрева наружного приточного холодного воздуха осуществляется с помощью специальных теплообменников, устанавливаемых в окна или рядом с ними, а так же рекуператоров механической приточно-вытяжной вентиляции [3]. Как следствие, теплый воздух не поступает в окружающую среду. Принцип действия данного вида вентиляции изображен на рис. 5.

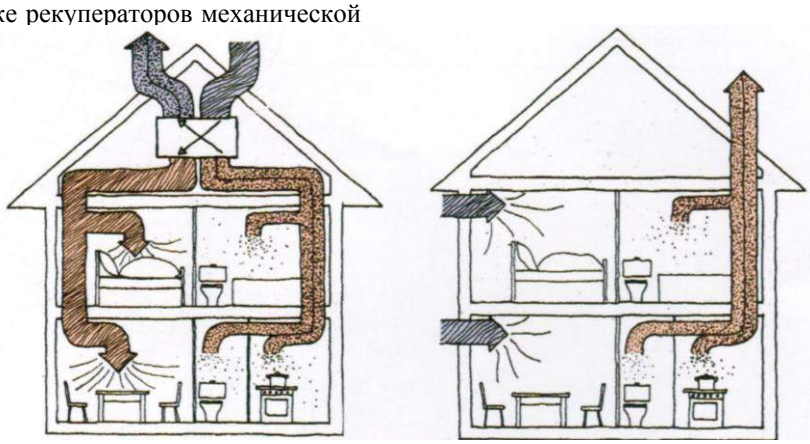


Рисунок 5. Принцип работы вентиляции с рекуперацией

Сегодня существует несколько способов сбора и концентрации альтернативной (возобновляемой) энергии. Самый простой, не требующий ее дополнительных затрат – это архитектурные решения, позволяющие использовать здание в качестве «тепловой ловушки». Например, учитывая расположение солнца над горизонтом и по сторонам

света (рис. 6), ориентируем большие открытые пространства на южную сторону и получаем возможность прогреть помещение в светлое время суток с помощью солнечной радиации[1, с. 35]. Расположив внутри помещения элементы из массивных материалов, способных удерживать тепло, и темные поверхности, аккумулируем полученную энергию. Аналогичный эффект возможен при устройстве снаружи здания светопрозрачной теплицы, зимнего сада или атриума [1, с. 62].

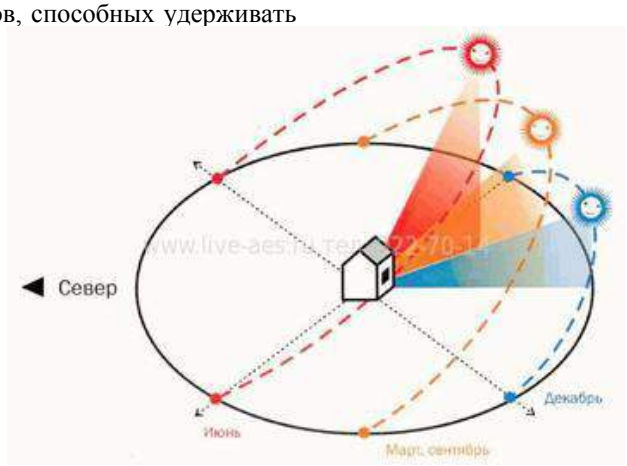


Рисунок 6. Схема расположения солнца над горизонтом и по сторонам света

Применение современного инженерного оборудования открывает большие возможности в области получения «зеленой» энергии. С помощью тепловых насосов утилизируется тепло от внутренних источников (бытовые приборы, люди, теплая вода после употребления и т.п.) и впоследствии используется для обогрева здания. Так же для отопления и горячего водоснабжения используют солнечные коллекторы, которые устанавливают на крышах или открытых поверхностях, ориентируя на солнечную сторону. Принцип их действия заключается в том, что жидкость, не замерзающая зимой, циркулирует по системе, нагреваясь в коллекторах и отдавая тепло в баках теплообменниках. На рис. 7 изображен вариант горячего водоснабжения, применяемый в одном из немецких экопоселков «Карлсхоэ». Его особенность в том, что тепло со всех коллекторов поступает в единый аккумулирующий бак. Такой способ дает возможность дольше сохранять полученную тепловую энергию.

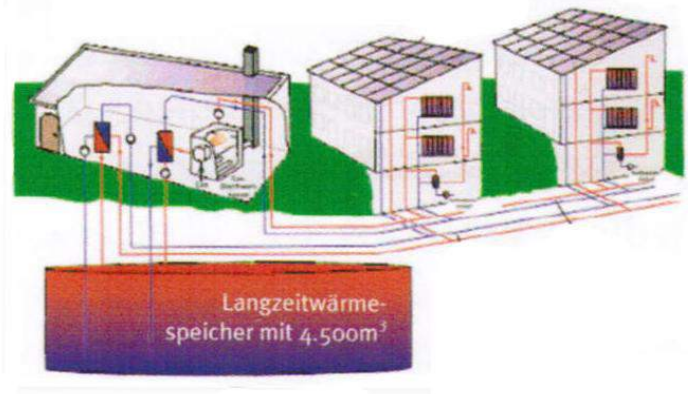


Рисунок 7. Схема горячего водоснабжения и отопления в экопоселке «Карлсхоэ»

Вышеперечисленные способы помогают сократить энергетические затраты во время эксплуатации здания. Однако, сбережение энергетических и природных ресурсов необходимо и на стадии строительства здания, а также изготовления строительных материалов. В связи с этим, для несущих и ограждающих конструкций здания и его отделки следует использовать материалы местного производство, тогда на их доставку будет израсходовано меньшее количество топлива. Также предпочтение следует отдавать строительным материалам, на изготовление которых затрачивается меньше энергии, что достигается за счет усовершенствования технологий производства и корректировки состава. Кроме того, разные виды материалов изначально требуют разное количество топлива для их изготовления

Говоря об утилизации и переработки конструкций после окончания жизненного цикла здания, следует помнить, что грамотный выбор строительных материалов на этапе проектирования поможет решить этот вопрос с минимальным отрицательным воздействием на окружающую среду. Данный процесс проходят все виды строительных материалов, однако, затрачивается разное количество энергии, выделяется разное количество вредных веществ для окружающей среды и, наконец, не все из них возможно полностью утилизировать.

Проектирование с использованием принципов устойчивого строительства происходит при постоянном взаимодействии специалистов, отвечающих за архитектурные, конструктивные решения, «зеленые» технологии, начиная с момента зарождения концепции. Это обусловлено интеграцией составляющих для получения наибольшего эффекта от принятых мероприятий.

Цель процесса – найти оптимальное сочетание решений, которое позволит создать здание с максимально возможным соответствием экостандартам, учитывая природно-климатические условия местности, функциональное назначение, архитектурные предпочтения и требования нормативных документов.

Следует заметить, что стремясь достичь наилучшего результата по каждому из требований, но при этом, не рассматривая их в совокупности, можно столкнуться с рядом противоречий.

Например, для сокращения теплопотерь, необходима наиболее компактная форма и минимальный процент остекления. В то же время, чтобы обеспечить благоприятный микроклимат, следует стремиться к большим световым проемам, т.к. естественное освещение положительно сказывается на психоэмоциональном состоянии человека.

Разрешить противоречия подобного рода возможно, если обратиться к решению каждого вопроса, как части общего, т.е. найти оптимальное сочетание конкретно в данном случае.

Основные принципы устойчивого строительства заложены в международные системы экологических сертификаций.

На сегодняшний день в России начато внедрение трех лидирующих международных стандартов, по которым определяют экологическую эффективность зданий — BREEAM, LEED и DGNB.

Разработкой и внедрением собственных российских стандартов занимается организация – некоммерческое партнерство «Центр экологической сертификации – Зеленые стандарты». С 1 марта 2013 года вступил в силу ГОСТ Р 54964-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», разработанный коллективом НП «Зеленые стандарты». Стандарт применяется на этапах проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации объектов недвижимости, а также при проведении добровольной сертификации объектов недвижимости и их проектной документации.

Эталоном стандартов является здание, в котором по всем требованиям устойчивого строительства достигнута максимальная величина показателей. На практике осуществить это сложно. Однако следует стремиться сократить отрицательное воздействие на окружающую среду, насколько это возможно в конкретном случае. Не только полное исключение негативного влияния, но и его снижение значимо для устойчивого развития общества.

На сегодняшний день в мире разработано и построено уже немало зданий, которые получили высокую оценку при экологической сертификации. Далеко не все из них выполнены из природных материалов, тем не менее, они заслуженно отнесены к разряду экологичных: Bank of America (Нью-Йорк), The Hearst Tower (Нью-Йорк), Burj Al-Taqa (Дубай), деревянный многоэтажный дом «Forte» (Австралия) и др.

Данные проекты подтверждают, что при всем многообразии условий эксплуатации и функциональных назначений, возможно создать здание, приближенное к эталону. Главное найти оптимальное сочетание решений, которое позволит обеспечить максимально возможное соответствием принципам устойчивого строительства и экостандартам.

Таким образом, комплексное использование основных положений на практике требует одновременного анализа множества факторов. Интегральный характер устойчивого строительства ставит перед специалистами задачу, решение которой индивидуально в каждом конкретном случаи, обеспечивает устойчивое развитие и часто является инновационным.

Список литературы:

1. Андерсон Б. Солнечная энергия: (Основы строительного проектирования). – М.: Стройиздат, 1982. – 375с.
2. Бадьин Г. М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 432 с.
3. Тетиор А. Н. Архитектурно-строительная экология. – М.: Академия, 2008. – 368 с.

ДЛИННОХОДОВЫЕ ЦИКЛОВЫЕ ПРИВОДЫ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Сысоев Сергей Николаевич
д. т. наук, профессор Владимирского Государственного Университета
Черкасов Юрий Владимирович
канд. т. наук, заведующий сектором конструкторского отдела Федерального Государственного Унитарного Предприятия «Крона»
Воздуган Анатолий Александрович
аспирант Владимирского Государственного Университета

LONG-STROKE CYCLE ACTUATORS WITH REGENERATION OF MECHANICAL ENERGY
Sysoev Sergey, Doctor of engineering, professor of Vladimir State University, Vladimir
Cherkasov Yuri, Candidate of Science, head of designers department of Federal State Company "Krona", Vladimir
Vozdugan Anatoly, Postgraduate student of Vladimir State University, Vladimir

АННОТАЦИЯ

В статье описывается новая концепция «Manifly» в сфере промышленных роботов. Предложено использовать принцип рекуперации механической энергии в приводе перемещения робота типа «маниплан». Описан способ и устройства для реализации концепции. Приведены энергетические характеристики и описаны конструкции макетов устройств. Даны примеры реализации аэродинамических устройств стабилизации траектории движения.

ABSTRACT

The article describes new conception of manufacturing machines and robots which named "Manifly". Using of regeneration of mechanical energy principle in actuators for kind of robots which named "maniplan" is proposed. It is spoken in detail about method and devices for realization of this principle. There are energy specifications and model design in this article. It is reported of aerodynamic devices design for stabilization of motion trajectory.

Ключевые слова: промышленный робот, цикловой привод, рабочий орган, аккумулирование кинетической энергии.

Keywords: manufacturing robot, cycle actuator, executive mechanism, kinetic energy accumulation.

Характерной особенностью цикловых приводов, используемых в промышленных роботах (ПР), является позиционирование подвижного рабочего органа (РО) на жесткий упор. Наиболее эффективными по быстродействию, энергозатратам, массогабаритным характеристикам являются приводы колебательного типа [1] дискретного действия. Построение данных приводов основано на том, что энергия, затрачиваемая на разгон инерционной массы, при торможении подвижного РО запасается в упругих элементах – аккумуляторах механической энергии, а затем используется для его дальнейшего движения. При этом применяются способы позиционирования РО на жесткий упор, основанные на использовании свойств колебательных систем [2, 3]. С увеличением хода РО требования к прочностным, массогабаритным и энергозапасающим характеристикам этих элементов ужесточаются. Из созданных приводов данного типа наибольшей величиной перемещения РО, составляющей 0,72м, обладает привод линейного перемещения в стационарном ПР мод. АРН-0,5 [4, 5]. Дальнейшего расширения рабочей зоны ПР достигают путем создания передвижных ПР.

Возможен и другой путь расширения зоны, обслуживаемой ПР, основанный на способе организации в общем цикле работы привода свободного движения РО между процессами его разгона и торможения.

В способе [6] работы привода с рекуперацией механической энергии, включающем добавление энергии рабочему органу, кинематически связанному с корпусом, достаточной для преодоления диссипативных сил, разгон и перемещение его относительно корпуса в требуемом направлении, торможение с аккумулированием кинетической энергии при подходе к точке позиционирования, рабочий орган после его разгона кинематически отсоединяют от корпуса, а перед торможением соединяют с ним.

Данная концепция получила название «*Manifly*», а устройство для ее реализации – термин «маниплан» [7, с.164], полученный комбинацией слов «манипулятор» и «планер».

Свойства и предельные возможности приводов, построенных традиционным и предлагаемым способами, проанализируем на примере привода линейного перемещения (рис. 1).

На корпусе 1 (рис. 1, а) с возможностью перемещения относительно него установлен рабочий орган 2. На рабочем органе 2 установлены аккумулятор энергии 3 и зацепы 4 с возможностью взаимодействия с устройством подпитки энергии 5 для прямого хода РО и устройствами 6, 7 фиксации (расфиксации) РО 2 относительно корпуса 1. Устройство 8 предназначено для подпитки энергии на обратный ход РО, которое может отсутствовать, если устройством подпитки энергии 5 снабдить привод энергией, достаточной для компенсации потерь энергии при перемещении рабочего органа в требуемую точку позиционирования и возврата в исходное положение.

Циклограмма работы системы и ориентировочный график изменения кинетической (W) и потенциальной (П) энергий РО представлены на рис. 1, б и 1в для вариантов соответственно с использованием элемента 8, и без него.

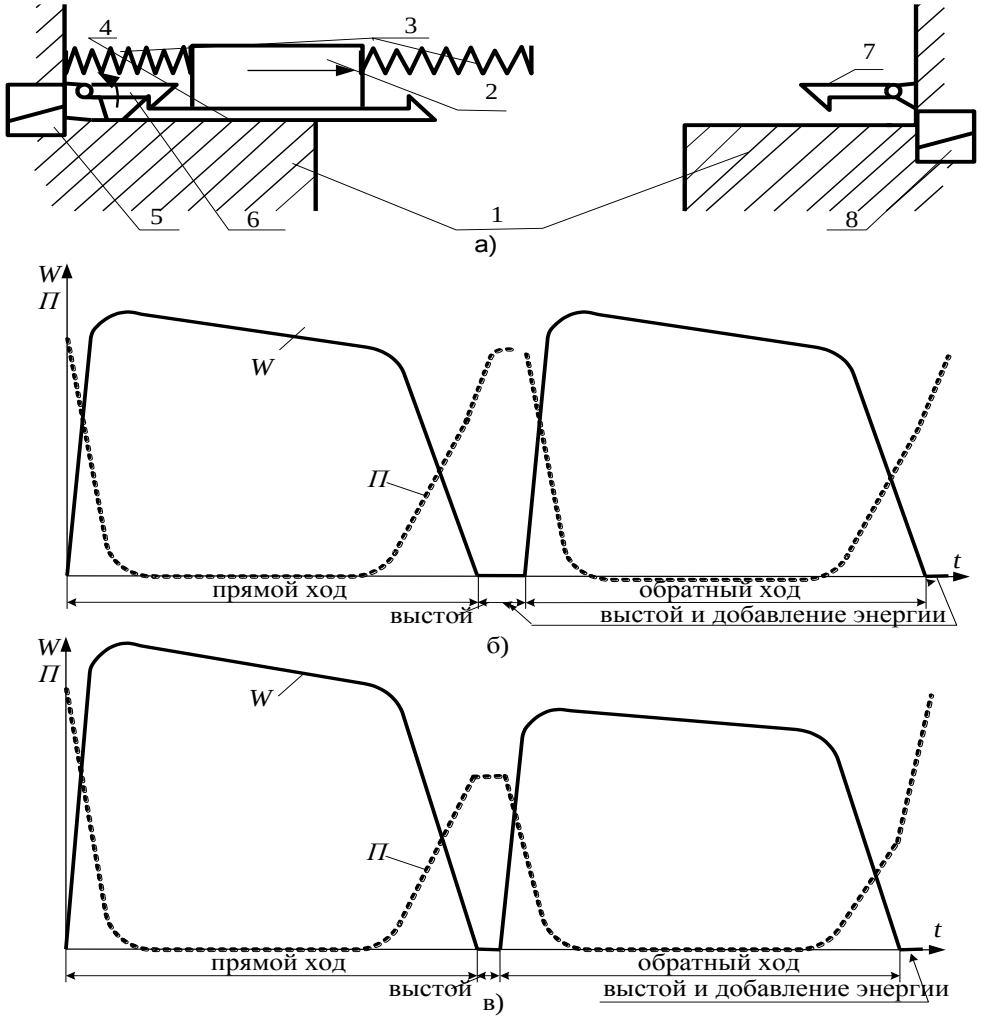


Рисунок 1 . Структура привода линейного перемещения: а – схема привода; б, в – циклограммы изменения энергий РО соответственно с двойной и однократной подпиткой энергии

Вариант двойной подпитки энергией (рис. 1, б) в процессе выполнения приводом цикла работы позволяет снабжать РО только той величиной энергии, которая необходима для его перемещения и позиционирования в требуемую точку позиционирования, что позволяет минимизировать энергоемкость аккумулятора механической энергии, используемого в приводе. Однако для выполнения обратного хода требуется время на снабжение РО энергией, что ограничивает время выполнения полного цикла работы привода. Кроме этого, необходимость снабжения энергией РО для обратного хода, требует наличие источника энергии, который может располагаться либо на РО, либо в зоне точки позиционирования, что значительно ухудшает массогабаритные характеристики привода и ограничивает его возможности при многопозиционной работе.

Область применения привода значительно расширяется при его построении с использованием способа [8] однократной подпиткой энергией РО, когда в исходном положении РО снабжается энергией, достаточной для выполнения полного цикла работы.

Данный привод (рис. 1, а) с рекуперацией механической энергии работает следующим образом.

Перед началом работы в исходном состоянии рабочий орган, располагают на корпусе 1, фиксируя исходную координату устройством фиксации 6 и запасая потенциальную энергию в аккумуляторе энергии 3. Устройством подпитки энергии 5 добавляют в привод энергию, достаточную для компенсации потерь энергии при перемещении рабочего органа в требуемую точку позиционирования и возврата в исходное положение.

По команде на начало работы привода разъединяют устройства фиксации 6 и зацепы 4. Энергией, запасенной в приводе разгоняют РО, перемещая его в направлении к требуемой точке позиционирования. После разгона РО кинематически отсоединяют от корпуса 1 и он продолжает свободное движение в направлении к требуемой точке позиционирования. Перед началом торможения РО кинематически соединяют с корпусом 1 и производят торможение, переводя кинетическую энергию движения РО в потенциальную энергию аккумулятора энергии 3. В конце движения фиксируют РО устройством фиксации 7, обеспечивая его требуемое положение относительно корпуса. По команде на выполнение обратного хода РО расфиксируют устройством 7 и после разгона он движется в направлении исходного положения.

Данная организация системы путем устранения силового взаимодействия с корпусом РО на участке его свободного движения уменьшает потери энергии привода и позволяет значительно увеличить зону, обслуживаемую приводом, что решает задачу энергосбережения и расширяет функциональные возможности привода.

В отличие от традиционной системы колебательного типа в приводе типа «маниплан» аккумуляторы механической энергии работают только на участках разгона и торможения РО, а также присутствует участок свободного движения РО, что определяет специфику построения элементов предлагаемой системы.

Традиционно, одним из вариантов решения задачи устойчивого сохранения требуемого положения РО в пространстве, является снабжение стабилизаторами хвостовой части РО. Однако в данном случае выполнение прямого и обратного хода сопровождается сменой хвостовой и носовой частей РО. Используя принципы идеальности нахождения технических решений [7], в приводе [9] модели СС-02 (рис. 2) стабилизаторы установлены на корпусе с возможностью перемещения вдоль него.

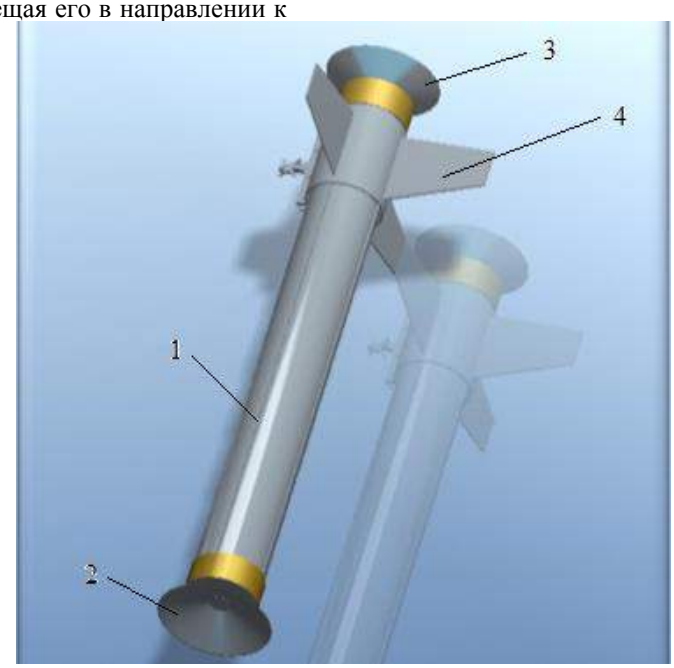


Рисунок 2. Подвижный рабочий орган со стабилизаторами

На торцах удлиненного корпуса 1 РО в направлении движения закреплены вакуумные захваты 2 и 3, являющиеся элементами устройств позиционирования. На корпусе установлены стабилизаторы 4, выполненные с возможностью перемещения вдоль корпуса. В исходном положении стабилизаторы занимают, например, крайнее левое положение при направлении предполагаемого движения рабочего органа вправо, и в процессе его движения стабилизируют перемещение. При подходе к требуемой точке позиционирования в процессе торможения за счет возникающих инерционных сил стабилизаторы перемещаются и занимают крайнее левое положение, стабилизируя процесс перемещения рабочего органа влево.

В модели маниплана сохранение требуемой ориентации корпуса привода достигалось стабилизаторами, установленными с возможностью перемещения их вдоль

корпуса. Однако величина рабочего хода в данном случае ограничена скоростью перемещения привода.

Задача по значительному расширению зоны, обслуживаемой приводом, без увеличения скоростных характеристик, решается путем установки на корпус несущего крыла, обеспечивающего сохранение требуемой ориентации в процессе его перемещения.

На рис. 3 показана схема маниплана [10] мод. СС-03 с несущим крылом.

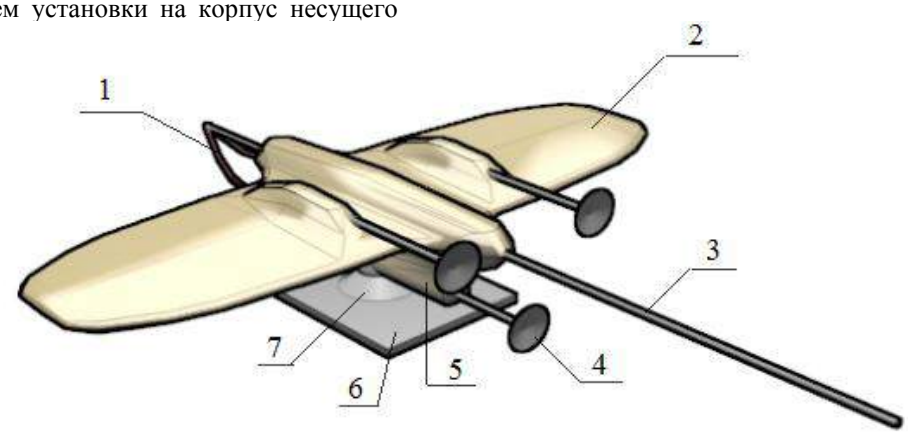


Рисунок 3. Подвижный рабочий орган с несущим крылом

Устройство состоит из корпуса 5 с установленным на нем аккумулятором механической энергии 1, выполненным в виде подпружиненного троса. На корпусе закреплено устройство расфиксации фиксаторов 4, выполненных в виде безнасосных вакуумных захватов. Подвижный рабочий орган 3 аккумулятора механической энергии установлен с возможностью продольного перемещения вдоль корпуса, на котором закреплено несущее крыло 2.Также на корпусе установлен привод 7 «взять-установить» для захвата транспортируемого изделия 6.

Установка несущего крыла на привод с аккумуляторами механической энергии позволяет значительно увеличить зону, обслуживаемую приводом.

Функцию ориентации РО в пространстве в исходном положении выполняет пуско-посадочный механизм (рис. 4, 5, 6) [11].

Подвижный РО 1 в исходном положении установлен на направляющих, закрепленных на корпусе 2 с возможностью поворота относительно оси *О* приводным механизмом 4. РО снабжается энергией пусковым механизмом 5.

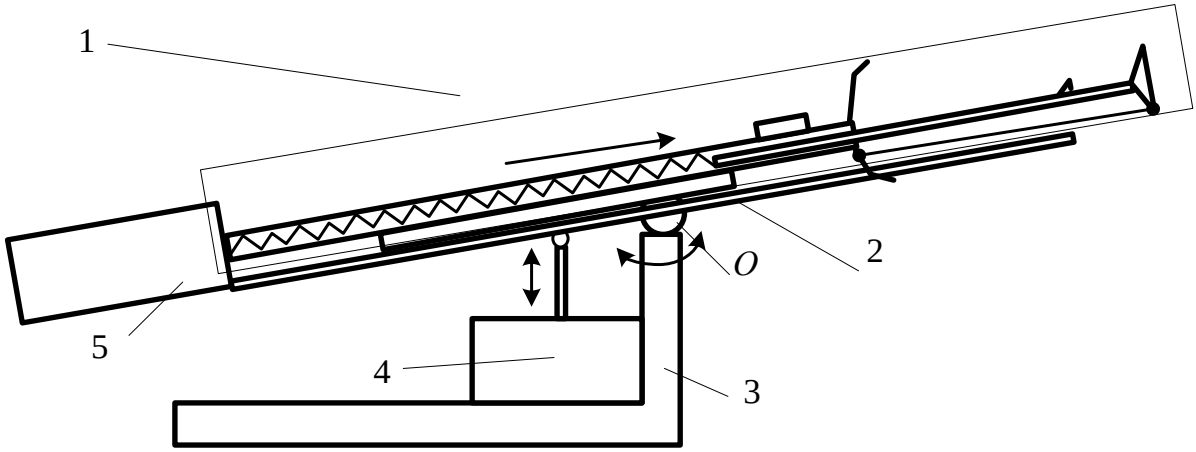


Рисунок 4. Схема привода с пуско-посадочным механизмом

Рисунок 5. Вид общий пуско-посадочного механизма

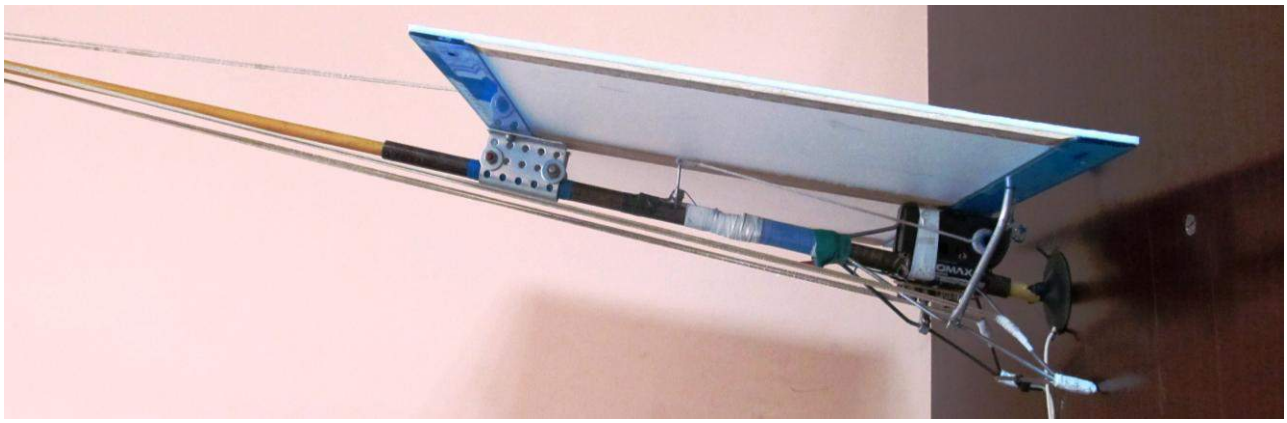


Рисунок 6. Вид общий маниплана в точке позиционирования

Натурные исследования привода подтвердили его работоспособность и эффективность.

Разработанный привод имеет габаритные размеры 915х510х131мм, рабочий ход перемещения 3м, а максимальная скорость перемещения РО достигает 38 м/с.

Предложенная концепция, оценка энергетических характеристик, решенные вопросы со стабилизацией РО в процессе его свободного перемещения, открывают возможность создавать качественно новые, высокоскоростные, энергосберегающие длинноходовые приводы.

Список литературы:

1. Сысоев С.Н. Цикловые приводы колебательного типа: монография / С.Н. Сысоев, А.А. Глушков; Владим. гос. ун-т. – Владимир ; Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 186 с.
2. А.с. 992126, МПК В25В 25/06. Способ позиционирования подвижного исполнительного органа / С.Н. Сысоев, Ю.В. Черкасов (РФ). – №3240179; заявл. 21.01.81; опубл. 30.01.83, Бюл. №4. –3с.
3. Егоров И.Н., Сысоев С.Н., Черкасов Ю.В. Методы позиционирования исполнительного органа на жесткий упор // Станки и инструмент. - 1990. №8. с.12.
4. Пат. 1664546 Российская Федерация, МПК В25 J 11/00, 9/00. Модуль линейного перемещения / Сысоев С.Н., Черкасов Ю.В. – №4630575; заявл. 08.12.89; опубл. 23.07.91, Бюл. №27. – 4с.
5. Сысоев С.Н. Новый промышленный робот АРН-0,5 / С.Н. Сысоев, // Станки и инструмент. – 1995. – №3. – С. 40-41.
6. Пат. 2266191 Российская Федерация, МПК В25 J 9/00, 9/00. Способ работы привода с рекуперацией механической энергии / Сысоев С.Н. – №2004112727; заявл. 26.04.04; опубл. 20.12.05, Бюл. №35. – 5с.
7. Сысоев С.Н. Принципы и методы нахождения технических решений. Метод исследования функционально-физических связей: моногр. / С. Н. Сысоев; Владим. гос. ун-т – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 214с.
8. Пат. 2239549 Российская Федерация, МПК В25J 11/00, 18/00. Способ подпитки энергией привода колебательного типа / Сысоев С.Н., Михайлов Р.Г. – № 202118192; заявл. 05.07.2002; опубл. 10.11.2004, Бюл. № 31. – 4с.
9. Пат. 105852 Российская Федерация, МПК В25J 9/00. Привод с рекуперацией механической энергии (маниплан) / Сысоев С.Н., Черкасов Ю.В., Плаксин А.С., Воздуган А.А. – № 201149127/02; заявл. 30.11.2010; опубл. 27.06.2011, Бюл. № 2. – 4с.
10. Пат. 116804 Российская Федерация, МПК В25J 9/00. Привод с рекуперацией механической энергии (маниплан) / Сысоев С.Н., Черкасов Ю.В., Воздуган А.А., Подъячев П.Н. – № 2011151988/02; заявл. 19.12.2011; опубл. 10.06.2012, Бюл. № 16. – 4с.
11. Пат. 141214 Российская Федерация, МПК В25J 9/00. Привод с рекуперацией механической энергии / Сысоев С.Н., Черкасов Ю.В., Воздуган А.А., Подъячев П.Н. – № 2013136882/02; заявл. 06.08.2013; опубл. 27.05.2014, Бюл. № 2. – 4с.

СОРБЦИЯ МЕДИ ИЗ СЕРНОКИСЛОТНОГО РАСТВОРА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Юн Александр Борисович

канд.т.наук, директор ТОО «КазГидроМедь», г. Караганда, Республика Казахстан;

Захарьян Семен Владимирович

канд.т.наук, заведующий исследовательской лабораторией научно-исследовательского центра инновационных технологий ТОО «КазГидроМедь», г. Караганда, Республика Казахстан;

Чен В.А.

финансовый директор ТОО «КазГидроМедь», г. Караганда, Республика Казахстан;

Каримова Л.М.

канд.х.наук, ведущий научный сотрудник исследовательской лаборатории научно-исследовательского центра инновационных технологий ТОО «КазГидроМедь», г. Караганда, Республика Казахстан;

Терентьева И.В.

геолог ТОО «КазГидроМедь», г. Караганда, Республика Казахстан

ADSORPTION OF COPPER FROM SULPHURIC ACID LEACH SOLUTION

Yun Alexandr, PhD, director of KazGidroMed LLC, Karaganda, Republic of Kazakhstan;
Zakharyan Semen, PhD, head of the research laboratory of the research center of innovative technologies of KazGidroMed LLC, Karaganda, Republic of Kazakhstan;
Chen Vladimir, financial director of KazGidroMed LLC, Karaganda, Republic of Kazakhstan;
Karimova Lyutsiya, PhD, leading researcher of the Research Laboratory of the Research Center for Innovative Technologies KazGidroMed LLC, Karaganda, Republic of Kazakhstan;
Terentyeva Irina, geologist of KazGidroMed LLC, Karaganda, Republic of Kazakhstan

АННОТАЦИЯ

Проведены исследования по сорбционному излечению меди из продуктивного раствора сернокислотного выщелачивания огарка хлорирующего обжига сульфидного медного концентрата, полученного из отвальных хвостов Жезказганской обогатительной фабрики. Установлено, что высокую степень извлечения меди на сорбент можно достичь при относительно высокой кислотности раствора и высоком содержании примесей.

ABSTRACT

Sorption studies on the copper recovery from sulfuric acid solution productive calcine of chlorinating roasting of sulphide copper concentrate produced from the tailings of Zhezkazgan concentrator were conducted. It has been established that a high degree of copper recovery on the sorbent can be achieved at relatively high solution acidity and a high content of impurities.

Ключевые слова: выщелачивание, сорбция, катионит, хелатообразующая функциональная группа.

Keywords: leaching, sorption, cationite, chelating functional group.

Из литературы известно, что из сернокислых растворов медь обычно извлекается цементационным способом, основанным на различии в величинах нормальных потенциалов меди и металла-осадителя. Согласно ряду напряжений любой металл с более электроотрицательным потенциалом, чем у меди (например Fe), способен вытеснять ее из раствора. Наиболее распространенным осадителем является железо (железный скрап).

Недостатками этого метода являются: загрязнение растворов соединениями железа, дефицит и высокая стоимость безвозвратно теряемого железного скрапа, получение промежуточного медного продукта, требующего дополнительной переработки.

С развитием технологий гидрометаллургической переработки минерального сырья все чаще применяются ионообменные методы получения чистых металлов из растворов - "жидкостная экстракция - электроэкстракция" (SX-EW) и ионообменная сорбция. Оба процесса решают одинаковую задачу - селективное выделение целевого металла из многокомпонентного «грязного» раствора.

Наиболее распространенным экстрагентом, применяемым в гидрометаллургии меди является LIX 984 N. Экстракцию производят путем контактирования медьсодержащего раствора (жидкой фазы продукта) с органическим экстрагентом, растворенном в органическом растворителе с выделением рафината и медьсодержащего раствора экстрагента, из которого осуществляется реэкстракция меди, а регенированный экстрагент используется при экстракции. Чистый медьсодержащий раствор подвергают электроэкстракции, после которой отработанный электролит используют при реэкстракции.

Несмотря на высокую кинетику процесса и высокий показатель извлечения меди в органическую фазу, данный процесс имеет ряд существенных недостатков, а именно:

- сложность организация экстракционного отделения с большими площадями, занятыми смесителями и отстойниками для разделения фаз;
- принятие дорогостоящих мер по пожарной безопасности;
- необходимость корректировки pH раствора для наиболее полного извлечения меди в органическую фазу, что связано с высокими затратами реагентов;
- необходимость очистки рафината и реэкстракта от примесей органики и др.

Для исследований по извлечению меди авторам был предоставлен сернокислый раствор (pH < 1) выщелачивания огарка хлорирующего обжига бедного медного концентрата, с целью извлечения из него меди и серебра. Химический состав сернокислотного раствора выщелачивания представлен в таблице 1.

Таблица 1

Элементный состав продуктивного раствора сернокислого выщелачивания, г/л

Cu	Ni	Cl	H_2SO_4	Pb	As	Sb	Fe	Ag*	Al	Bi	Ca	Zn
2,12	<0,05	15	46	<0,05	<0,05	<0,05	11,45	5,95*	2,2	<0,05	0,05	0,27

*- *мг/л*

Вышеописанные методы переработки продуктивных растворов (цементация и экстракция) не позволяют одновременно извлекать из растворов медь и серебро. Кроме того, для проведения экстракции необходима корректировка pH-среды, что влечет за собой значительные затраты на нейтрализующие реагенты. В данном случае наиболее предпочтительным способом переработки такого раствора является коллективная ионообменная сорбция на катионите в колоннах с неподвижным слоем сорбента.

Для сорбции меди и серебра была выбрана ионообменная смола Lewatit Monoplus TP 220 MDS с хелатообразующей функциональной группой, разработанная компанией Lanxess (Германия) для очистки от меди никель-кобальтовых электролитов, и предназначенная для работы в сильнокислых средах.

Сорбция меди и серебра проводилась со скоростью подачи раствора - 6 уд. объемов в час. Динамическая кривая сорбции меди представлена на рисунке 1. Сорбция серебра происходила вместе с сорбцией меди. На момент насыщения катионита по ионам меди содержание серебра в сбросном растворе находилось на уровне ниже предела обнаружения, что свидетельствует о полной сорбции серебра в условиях организации промышленного процесса.

Рисунок 1. Динамическая кривая сорбция меди на Lewatit Monoplus TP 220 из сернокислого раствора

Анализ данных динамической кривой сорбции меди (рисунок 1), показывает, что емкость ионита до проскока составляет 25,44 г меди на литр смолы (12 уд. объемов раствора), тогда как полная расчетная емкость смолы по меди, составляет 34,65 г меди на литр смолы.

Таким образом, можно сделать вывод, что сорбция меди и серебра из сернокислого раствора проходит с высокими кинетическими и технологическими показателями. Емкость ионита по меди при сорбции из сернокислого раствора составляет 34,65 г/литр смолы, что сравнимо по значению с емкостью экстрагента в пересчете на 100 % концентрацию. При этом сорбция серебра проходит наиболее полно и не достигает проскоковых концентраций.

Десорбция в данном случае проводится аммиачной водой в количестве 1-2 уд. объема, что позволяет получить аммиачный элюат высокой концентрации по меди. Дальнейшая отгонка аммиака позволяет осадить высокочистый гидроксид меди и серебра, из которого, после его растворения в серной кислоте, можно получить катодную медь путем электроэкстракции.

Список литературы:

1. Экстракционные и сорбционные методы переработки окисленных медных руд. – М.:Минцветметаллургия, 1980. – С.33.

АНТИВИРУСНАЯ ЗАЩИТА СИСТЕМЫ КАК ПОДОБИЕ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Тихонов Валерий Викторович

аспирант Морского Государственного Университета имени адмирала Г.И.Невельского, г.Владивосток

DESIGN OF ANTIVIRUS SYSTEM AS A HUMAN IMMUNE SYSTEM

Tikhonov Valery Viktorovich, graduate student of Maritime State University Nevelskoy, Vladivostok

АННОТАЦИЯ

Создание автономной антивирусной системы с гарантированным выявлением посторонних программ, на основе системы человеческого иммунитета.

ABSTRACT

Developing autonomous antivirus system with guaranteed detection of foreign programs, based on human immune system.

Ключевые слова: антивирусы, иммунитет, безопасность.

Keywords: antivirus, immunity, security.

Современные антивирусные системы

В операционных системах очень трудно выявить уязвимость системы и определить, была ли система заражена ранее или она всё-ещё является чистой, т. к. отсутствуют признаки, по которым система считалась бы явно заражённой.

Современные антивирусные системы используют заранее известный список сигнатур, называемых антивирусными базами. Если файл соответствует критериям в списке — он считается вредоносным. Проблема в том, что списки сигнатур формируются людьми, значит, оперативно среагировать на угрозу не представляется возможным. Вредоносный файл попадает в список сигнатур только после получения файла на анализ для последующей ручной проверки. Размер базы сигнатур увеличивается, но она по прежнему не может вместить в себя все угрозы, т. к. злоумышленники, выпускающие вредоносные программы всегда на шаг впереди.

Чтобы творение злоумышленника попало в список сигнатур — оно должно быть обнаружено. Вместе с тем, не каждая вредоносная программа допускает собственное

обнаружение. Антивирусы, использующие антивирусные базы, не могут гарантировать полную безопасность системы.

Для оперативной реакции на вторжение вредоносных программ в современных антивирусных системах используется эвристический анализ. Это технология обнаружения угроз, которые невозможно определить с помощью сигнатурного анализа. Он позволяет находить файлы, которые подозреваются в заражении неизвестным вирусом или новой модификацией известного. Объектам, обнаруженным с помощью эвристического анализатора, присваивается статус возможно зараженный.

Эвристический анализ делится на динамический и статический. Статический анализ сканирует код на предмет подозрительных команд, которые могут являться признаком вредоносной программы. Эвристический анализатор просматривает код программы и, встретив подозрительную команду или фрагмент, увеличивает «счетчик подозрительности» программы. Если после сканирования всей программы значение этого счетчика превышает некоторое заданное пороговое значение, то объект признается подозрительным.

При использовании динамического анализа запуск программы объекта эмулируется в виртуальном адресном пространстве. В случае, если в процессе эмуляции эвристический анализатор обнаруживает подозрительные действия, то программа или объект признаются вредоносными и их запуск на компьютере пользователя блокируется.

Эвристические анализаторы позволяют частично решить проблему оперативного реагирования на угрозы, однако, и у них есть свои недостатки. Зная принципы и команды, на которые реагирует статический анализатор разработчик вредоносного программного обеспечения может его обмануть. Для этого ему достаточно видоизменить код, используя элементы, выполнение которых не поддерживается эмулятором кода антивирусов, либо использовать шифрование кода.

Несмотря на заявления и рекламные проспекты разработчиков антивирусных средств относительно совершенствования эвристических механизмов, эффективность эвристического сканирования на данный момент далека от ожидаемой. Независимые тесты компонентов эвристического анализа показывают, что уровень обнаружения новых вредоносных программ составляет не более чем 40-50% от их числа.

И если программы, которые приносят системе вред вычислить возможно, т. к. у них есть общий набор совершаемых действий, по которым программа может быть идентифицирована, то более узкие и опасные решения эвристика вычислить не в силах. Речь идёт о программах или связках программ, организующих злоумышленнику доступ в заражённую систему в какой-либо момент времени, либо выполняющих некоторые действия, например, сбор информации о системе и передача данных злоумышленнику.

Такие программы также будут для системы чужеродными, однако, они не будут уничтожать системные файлы, а, значит, не будут признаны вредоносными.

Для разработки антивирусной системы, которая будет определять любой вредоносный объект, независимо от назначения, можно изучить человеческую иммунную систему. Первичная задача иммунной системы — определить, что опасно для человеческого организма, а что — нет. Организм человека имеет множество открытых портов: он поглощает пищу, воздух, воду, выводит отходы. Кроме этого в процессе жизнедеятельности человек получает повреждения тела, которые, с технической точки зрения, также являются открытым портом, через который проходит огромное количество трафика. Иногда ненужного, а иногда и опасного.

Иммунная система — это антивирус, который сканирует все пришедшее пакеты, а, заодно, и весь организм и удаляет вирусы, а также бактерии, грибы и все остальное. Он также использует эвристические алгоритмы для выявления угрозы. На данный момент выявлено три алгоритма поиска вредоносных объектов.

В иммунной системе человека есть целый ряд белков, который отвечает за распознавание посторонних элементов. Кроме этого существует семейство толл-подобных рецепторов, которые являются чувствительными сенсорами, способными распознавать различные элементы микробов.

Этот алгоритм является аналогом статического эвристического анализа, когда антивирусу известны вредоносные команды, на которые происходит срабатывание сенсора.

Помимо проверки на инородность, существует также критерий опасности. В случае, если в организме замечена массовая нетипичная гибель клеток — человеческий иммунитет активируется и начинает усиленно проверять организм. Клетки гибнут в организме постоянно, но на естественную гибель клеток антивирусная система не реагирует. Вместе с тем, когда клетка гибнет принудительно, она выбрасывает своё содержимое в кровоток, чем запускает иммунную реакцию.

В современных компьютерных системах файловые операции записи вызываются очень часто, однако, удаление файлов происходит реже. Часто оно происходит во временной директории tmp, но это — естественный процесс, на который антивирус не должен реагировать. А гибель системных файлов, либо документов пользователя должны активировать антивирусную защиту и выявлять злоумышленника.

Помимо инородных вредоносных объектов существуют вредоносные объекты, которые внедряются прямо в клетки организма. Они напоминают троянские компьютерные программы, которые внедряют свой код в системные запускаемые файлы или библиотеки.

Иммунная система человека также способна вычислить такие объекты. Каждая клетка производит на своей поверхности молекулы гистосовместимости, которые являются системным флагом, означающим, что клетка своя. Если такой флаг отсутствует, клетка будет уничтожена естественным киллером. Однако, если вирус успел внедриться в клетку, то естественный киллер не сможет его уничтожить.

Вместе с молекулами гистосовместимости на поверхность клетки также попадают те белки, которые находятся внутри неё. Т.е. вредоносные белки вируса также будут представлены на поверхности клетки, где они могут быть обнаружены Т-лимфоцитами в результате сканирования клетки. Т-лимфоцит не среагирует на нормальные клетки, т. к. на этапе создания он проходил проверку негативной селекции — защиты от ложных срабатываний. Однако, он может среагировать на белки вируса. Если структура белков вируса подойдёт под случайно сгенерированный на этапе создания рецептор лимфоцита — клетка с инородным объектом внутри будет распознана и уничтожена.

В компьютерных системах невозможно провести полную аналогию с иммунитетом человека, т. к. человеческий организм – это замкнутая система и её иммунитет нацелен на распознавание и уничтожение любых посторонних объектов, в то время, как для работы компьютерной системы необходимо постоянное поступление полезной информации извне.

Для эффективной работы в защите должны присутствовать алгоритмы обнаружения вредоносных объектов и на данный момент они существуют. Это и базы антивирусных сигнатур и два эвристических алгоритма проверки файлов.

Однако, они справляются только с самыми простыми вирусами, целью которой является уничтожение системы. Вредоносные программы, которые внедряются в систему с целью сбора информации, шпионажа и предоставления контроля над системой злоумышленнику обнаружить значительно труднее, т. к. они не причиняют вреда системе и могут быть не активны до заданного времени.

Статический эвристический анализатор может не найти в таком файле ничего подозрительного, если он реагирует только на деструктивные команды обычных вирусов, а динамический анализатор, запуская такой файл в отдельном виртуальном пространстве, может ничего не обнаружить, если вредоносный объект активируется только при определённых условиях.

Защита будет работать эффективнее, если построить её по принципу человеческого организма. Т.е. изолировать систему от внешнего мира. На данный момент антивирусу приходится анализировать всю систему, файл за файлом, выполняя анализ файла на наличие вредоносного кода. Такая логика работы антивируса правильная, когда невозможно определить – каким образом файл попал на компьютер пользователя. Является ли он частью установленного программного обеспечения, или он – вредоносная программа, находящаяся в той же директории.

Необходимо, чтобы разработчики программного обеспечения вместе с постовляемыми файлами программы предоставляли также описанием всех файлов, которые идут вместе с программой и их контрольные суммы, а также возможные имена временных файлов, которые создаются на время работы программы, если такие есть.

В случае, если всё программное обеспечение будет подписано подобным образом – антивирусная система будет работать по принципу свой-чужой, аналогично естественным киллерам имунной системы, уничтожая все файлы, которые присутствуют в директории, но не являются частью пакета программного обеспечения.

Кроме того, если в файл, который есть в списке, был внедрён вредоносный код, то его контрольная сумма изменилась, а, значит, он также будет являтся посторонним файлом и будет уничтожен.

Данное поведение позволит не только уничтожать посторонние вредоносные файлы, но и бороться с подделыванием программного обеспечения и пиратскими системами взлома лицензии. Алгоритмы взлома лицензионного программного обеспечения обычно предполагают установку чистой программы и последующее внедрение в неё вредоносного кода, который заменяет работу с лицензиями.

При установке подобной программы сразу после внедрения в любой из её файлов пиратского вредоносного кода – контрольная сумма взломанной программы изменится и её файл будет признан вредоносным.

Модель распространения современного программного обеспечения меняется сегодня. Вместо скачивания и установки программ с сети интернет или покупки компакт-дисков программы устанавливаются через магазины приложений (Windows и мобильные платформы) или программные репозитории (Linux). Во всех этих репозиториях уже есть свои системы защиты и контроля - рейтинг приложений или цифровые подписи пакетов от их разработчиков.

В ближайшем будущем установка программного обеспечения будет производиться только с доверенных источников, как на мобильные платформы, так и на сервера и персональные компьютеры. Если внедрить в такую систему проверку целостности программного пакета, то можно превратить компьютерную систему в аналог человеческого организма, в котором полезные программы поступают из одного источника и легко проверяются на вредоносность. Такую систему будет намного проще защищать от злоумышленников и угроз.

Список литературы:

1. Имунная система человека: биологический антивирус. Эвристические алгоритмы. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://habrahabr.ru/post/75414/
2. Имунная система человека: биологический антивирус. Антивирусные базы. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL:http://habrahabr.ru/post/85634/
3. Эвристический анализ в Kaspersky Endpoing Security 8 для Windows. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://support.kaspersky.ru/7409

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ

Трофимов Виктор Николаевич
д-р техн. наук, профессор кафедры «Динамика и прочность машин» Пермского национального исследовательского политехнического университета
Панин Юрий Валерьевич
аспирант кафедры «Динамика и прочность машин» Пермского национального исследовательского политехнического университета
Шардин Алексей Андреевич
аспирант кафедры «Динамика и прочность машин» Пермского национального исследовательского политехнического университета

MATHEMATICAL MODEL OF PROCESS DRAWING OF BIMETALLIC WORKPIECE

Trofimov Viktor Nikolaevich, senior doctor, professor at the Perm National Research Polytechnic University
Panin Iurii Valerevich, postgraduate student at Perm National Research Polytechnic University
Shardin Alexey Andreevich, postgraduate student at Perm National Research Polytechnic University

АННОТАЦИЯ

При проектировании технологического процесса волочения биметаллических заготовок основной является задача получения высококачественных изделий путём исключения внутренних дефектов и разрывов оболочки и сердечника. Для этого актуально применение математических моделей основанных на инженерных решениях. В работе получена такая модель для схемы деформирования биметалла при волочении. Выведены соотношения зависимости напряжений волочения от основных параметров процесса. Модель может использоваться для определения напряжений для любых процессов волочения, соответствующих рассмотренной схеме.

ABSTRACT

The main task in designing process of drawing bimetallic blanks is to produce high-quality products by eliminating intern defects and discontinuities of shell and core. For this one there is an actual applying of mathematical models based on engineering solutions. In fact, we obtained model we need for the bimetal deformation in drawing. We inferred the relations depending drawing stresses on the main process parameters. The Model can used to determine the stress for any drawing processes, considered discussed scheme

Ключевые слова: напряжения волочения, биметалл, математическая модель.

Keywords: pressure of drawing, longitudinal stresses, stress-strain state.

Основной задачей, решаемой при проектировании технологического процесса волочения биметаллических заготовок, является задача получения высококачественных изделий путём исключения внутренних дефектов и разрывов оболочки и сердечника. Для решения данной задачи можно использовать модели накопления поврежденности при пластической деформации [1,2]. В работе [1] рассмотрена методика определения степени поврежденности при волочении монометаллических заготовок. Степень поврежденности определяется как сумма поврежденностей полученных металлом заготовки на входе и выходе канала инструмента и в сужающейся части канала. Данная методика может быть использована и для определения накопленной поврежденности металла слоёв биметаллической заготовки, если определено напряженно-деформированное состояние каждого слоя.

Для определения напряженно-деформированного состояния при решении практических задач проектирования технологического процесса волочения актуально применение математических моделей основанных на инженерных решениях. При условии наиболее полного учёта особенностей процесса волочения и обоснованного применения упрощающих допущений такие модели не требуют значительных вычислительных и временных ресурсов и позволяют оперативно учитывать влияние различных технологических параметров на качество готового изделия.

Соотношения для определения напряжения при волочении монометаллических заготовок получены в работе [3]. Однако они не учитывают дополнительные сдвиги на входе и выходе очага деформации. Кроме того, необходимо учитывать, что в отличие от волочения монометаллических заготовок, соотношения для определения продольных напряжений в слоях биметалла должны учитывать, что приращения осевых напряжений за счёт дополнительных сдвигов в оболочке и в сердечнике различны, вследствие различия пластических свойств и различия их положения в сечении заготовки. Также необходимо учитывать, что более прочный и менее пластичный металл стремится выдавить более пластичный металл из очага деформации [3,4]. Вследствие этого может наблюдаться перераспределение осевых напряжений в слоях биметалла.

Таким образом, осевое напряжение в слое биметаллической заготовки в очаге деформации определяется суммой трёх компонент: напряжения за счёт деформации в канале волоки, напряжения от воздействия смежного слоя и напряжения за счёт дополнительных сдвигов на границах очага деформации.

На рис. 1 приведена схема деформирования биметаллической заготовки.

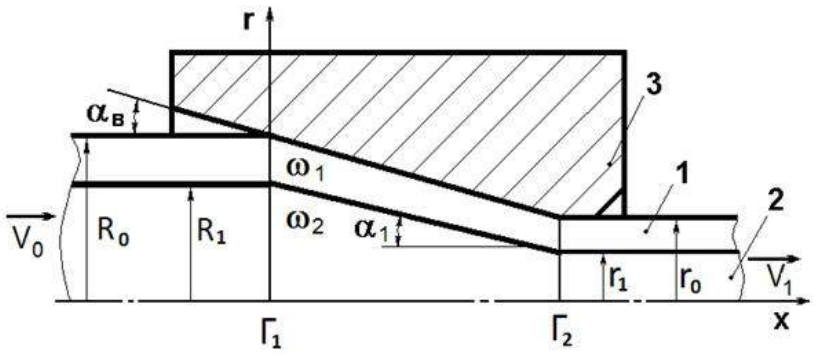


Рис.1. Схема деформирования биметалла при волочении:
1 - оболочка; 2 - сердечник; 3 - волока.

Для построения математической модели процесса волочения и получения инженерных решений, приняты следующие допущения:

- материал компонентов биметалла идеальный жестко-пластический;

- зона пластической деформации включает границы Γ_1, Γ_2, и области ω_1 (оболочка) и ω_2 (сердечник);

- границы очага деформации Γ_1 и Γ_2 плоские;

- геометрия конического канала волоки определяется уравнением - $R = R_0 - x\,tg\alpha_в$;

- продольные напряжения σ_x, радиальные напряжения σ_r и окружные напряжения σ_φ являются главными и распределены равномерно по сечению каждого слоя биметалла;

- при деформировании осесимметричных тел можно принять $\sigma_r = \sigma_\varphi$;

- на поверхностях контакта оболочки и волоки и на границе слоев вследствие малости угла канала волоки $\alpha_в$ и коэффициента трения f_n принимаем $\sigma_r \approx \sigma_n$ (следствием принятого допущения является равенство нормальных напряжений в оболочке и сердечнике, подобно [5,6]).

- приближенное условие пластичности для компонентов биметалла с учетом принятых допущений и знака радиальных напряжений имеет вид

оболочка - $\sigma_{x1} + \sigma_n = \sigma_{S1}$; сердечник -

$$\sigma_{x2} + \sigma_n = \sigma_{S2} \quad (1)$$

где σ_{S1} и σ_{S2} - сопротивление деформированию металла оболочки и сердечника (индексы 1 и 2 соответствуют оболочке и сердечнику);

- соотношение толщин компонентов биметалла в процессе деформирования сохраняется постоянным

$$R_1 / R_0 = r_1 / r_0 = \overline{R} \quad (2)$$

- положение межслойной границы с учётом допущения (2) определяется уравнениями

$$r = R_1 - x \cdot tg\,\alpha_1, \text{ где } tg\,\alpha_1 = \overline{R} \cdot tg\,\alpha_в. \quad (3)$$

- касательные напряжения на поверхности контакта биметалла и волоки определяются законом Кулона-Амонтона

$$\tau_{тр} = f_n \cdot \sigma_n \quad (4)$$

Вследствие действия трения и стенок канала волоки на границе слоев действует касательное напряжение τ_M, способствующее относительному сдвигу слоев.

Из условий пластичности (1) получим

$$\sigma_{x1} - \sigma_{x2} = \sigma_{S1}(1-\eta) \quad (5)$$

где $\eta = \sigma_{S2} / \sigma_{S1}$ - коэффициент пластической неоднородности.

Из соотношения (5) следует, что в любом сечении заготовки в пластической зоне, включающей границы Γ_1, Γ_2, области ω_1 и ω_2, разность продольных напряжений остается постоянной.

Определим продольные напряжения в слоях заготовки в конической части канала в очаге пластической деформации в областях ω_1 и ω_2.

В конической части зоны пластической деформации выделим элемент длиной *dx*. Схема напряжений, действующих на компоненты биметалла в пределах выделенного элемента, приведена на рисунке 2.

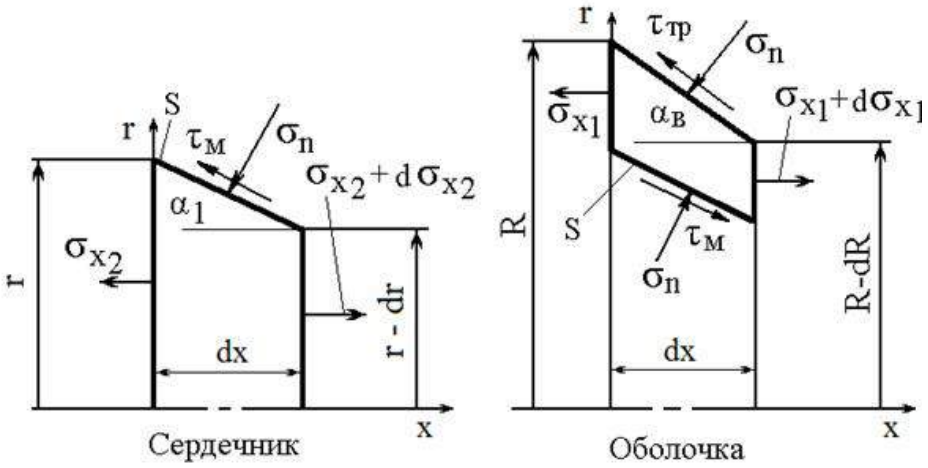


Рис.2. Схема напряженного состояния компонентов биметалла.

В соответствии с принятой схемой после упрощений и, учитывая, что $dR/dx = tg\,\alpha_в$ и $dr/dx = tg\,\alpha_1$, получим дифференциальные уравнения равновесия для оболочки и сердечника

область ω_1:

$$\frac{d\sigma_{x1}}{dx} + \sigma_{x1}\frac{2}{R}\cdot\frac{f_n}{1-\overline{R}^2} - \sigma_{S1}\frac{2}{R}\cdot\left[tg\,\alpha_в + \frac{f_n}{1-\overline{R}^2}\right] + \tau_м\frac{2}{R}\cdot\frac{\overline{R}}{1-\overline{R}^2} = 0; \quad (6)$$

область ω_2:

$$\frac{d\sigma_{x2}}{dx} - \sigma_{S2}\frac{2\,tg\alpha_в}{R} - \tau_м\frac{2}{R}\cdot\frac{1}{\overline{R}} = 0. \quad (7)$$

Вычитая уравнение (7) из уравнения (6) и учитывая условия пластичности (1), получим выражение для касательных напряжений на границе слоёв S

$$\tau_м = \overline{R}\left\{\sigma_{S1}\left[tg\,\alpha_в(1-\eta)(1-\overline{R}^2) + f_n\right] - f_n\sigma_{x1}\right\}. \quad (8)$$

Из формулы (8) следует, что на границе S касательные напряжения изменяются по длине очага деформации и зависят от соотношения пластических свойств металлов слоёв, геометрии канала волоки и коэффициента трения, а

также линейно зависят от относительного радиуса сердечника $\overline{\mathrm{R}}$, что совпадает с допущением принятым в работах [5,6].

Подставляя уравнение (8) в (7) получим дифференциальное уравнение для определения напряжений в сердечнике

$$\frac{d\sigma_{x2}}{dx}+\sigma_{x2}\frac{2\ f}{\mathrm{R}}-\sigma_{S1}\frac{2tg\,\alpha_{в}}{R}\cdot\left[(1-\eta)\cdot(1-\overline{\mathrm{R}}^{2})+\eta\cdot(1+a)\right]=0, \quad (9)$$

где $\mathrm{a}=\mathrm{f}_{\mathrm{n}}/\mathrm{tg}\alpha_{\mathrm{в}}$.

Принимая, что продольные напряжения на границе Γ_1 равны - $\sigma_{x1|x=0}=\sigma_{\Gamma 11}$ и $\sigma_{x2|x=0}=\sigma_{\Gamma 12}$, получим решение уравнения (9)

$$\sigma_{x2}=\sigma_{S1}A_2\cdot\left[1-B\right]+\sigma_{\Gamma 12}\,B\ , \quad (10)$$

а из уравнений (6) и (8), получим выражение для определения продольных напряжений в оболочке

$$B=(R/R_0)^{2a}, \quad (11)$$

где $A_1=[1+a-(1-\eta)\overline{R}^{2}]/a;\ A_2=[1+a-(1-\eta)(1-\overline{R}^{2})]/a;\ B=(R/R_0)^{2a}$.

Для границы Γ_1 ($R_{|x=0}=R_0$) из уравнений (10) из (11), с учётом соотношения (5), получим

$$\sigma_{x1}-\sigma_{x2}=\sigma_{\Gamma 11}-\sigma_{\Gamma 12}=\sigma_{S1}(1-\eta).$$

С учётом вышесказанного запишем условие пластичности для слоёв биметаллической заготовки на границе Γ_1

оболочка: $\sigma_{\Gamma 11}+\sigma_n=(\Delta\sigma_1+\Delta\sigma_{12}+\sigma_{q1})+\sigma_n=\sigma_{S1};$ (12)

сердечник: $\sigma_{\Gamma 12}+\sigma_n=(\Delta\sigma_2+\Delta\sigma_{21}+\sigma_{q2})+\sigma_n=\sigma_{S2}.$ (13)

где $\Delta\sigma_1$ и $\Delta\sigma_2$ - приращения осевых напряжений за счёт дополнительных сдвигов в оболочке и в сердечнике; $\Delta\sigma_{12}$ и $\Delta\sigma_{21}$ - приращение осевого напряжения в оболочке за счёт воздействия сердечника и в сердечнике за счёт воздействия оболочки; σ_{q1} и σ_{q2} - напряжения противонатяжения в оболочке и сердечнике.

Для принятой модели деформируемой среды, не учитывающей упругие свойства металла слоев, можно принять - $\sigma_{q1}=\sigma_{q2}=\sigma_q$.

Вычитая уравнение (13) из уравнения (12) получим

$$\sigma_{\Gamma 11}-\sigma_{\Gamma 12}=(\Delta\sigma_1-\Delta\sigma_2)+(\Delta\sigma_{12}-\Delta\sigma_{21})=\sigma_{S1}\,A_4. \quad (14)$$

где $A_4=1-\eta$.

Для определения величин $\Delta\sigma_1$ и $\Delta\sigma_2$, используем метод баланса мощностей [6].

Уравнения энергетического баланса имеют вид

$$\Delta\sigma_1F_1V_0=2\pi\int_{R_1}^{R_0}\tau_{S1}\left|V_{II}\right|r\,dr;\ \Delta\sigma_2F_2V_0=2\pi\int_{0}^{R_1}\tau_{S2}\left|V_{II}\right|r\,dr, \quad (15)$$

где F_1 и F_2 – площадь поперечного сечения оболочки и сердечника; τ_{S1} и τ_{S2} - сопротивление деформированию при сдвиге металла оболочки и сердечника ($\tau_S=\sigma_S/\sqrt{3}$); $V_{II}=V_{II}^{+}-V_{II}^{-}$ - разрыв составляющей скорости частицы металла, параллельной поверхности разрыва (границе Γ_1); V_{II}^{-} - составляющая скорости частицы металла до границы Γ_1; V_{II}^{+} - составляющая скорости частицы металла после границы Γ_1; V_0 - скорость заготовки на входе в зону пластической деформации.

Для принятой схемы зоны пластической деформации и условия (2) траектории движения частиц металла определяются уравнением [7]

$$r=\bar{r}(R_0-x\,tg\alpha_{в}),$$

где $\bar{r}=0\div 1$ - относительный радиус частицы на входе в очаг деформации на границе Γ_1.

Тогда величина V_{II} может быть определена ($V_{II}^{-}=0$)

$$\left|V_{II}\right|=\left|V_0\,\bar{r}\,tg\alpha_{в}\right|.$$

Из уравнений (15)получим

$$\Delta\sigma_1=\sigma_{S1}A_3\frac{1+(1+\overline{R})\overline{R}}{1+\overline{R}};\ \Delta\sigma_2=\sigma_{S1}A_3\eta\,\overline{R}, \quad (16)$$

откуда

$$\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2 = \sigma_{S1} A_3 \frac{1+(1-\eta)(1+\bar{R})\bar{R}}{1+\bar{R}}, \quad (17)$$

$$A_3 = \frac{2}{3\sqrt{3}} tg\alpha_B .$$

Величины $\Delta\sigma_{12}$ и $\Delta\sigma_{21}$ определим из следующих соображений. При сжатии слоев биметалла, продольное усилие не изменяется, то есть приращения усилия волочения $\Delta P_{вол}$ равно 0, но, как указано выше, в соответствии с результатами работы [4], в слоях биметалла возникают продольные напряжения, величина которых зависит от соотношения толщины слоев и их пластических характеристик. Таким образом, при волочении за счёт сжатия слоев в сечении биметаллической заготовки на границе Γ_1 должно выполняться условие

$$\Delta P_{вол} = 2\pi \int_{R_1}^{R_0} \Delta\sigma_{12} r dr + 2\pi \int_{0}^{R_1} \Delta\sigma_{21} r dr = 0 . \quad (18)$$

Решая уравнение (18), с учётом принятых выше обозначений, получим

$$\Delta\sigma_{12} = -\Delta\sigma_{21} \frac{\bar{R}^2}{1-\bar{R}^2} . \quad (19)$$

Из уравнений (14), (18) и (19) определим

$$\Delta\sigma_{12} = \sigma_{S1} \bar{R}^2 \left[A_4 - A_3 \frac{1+(1-\eta)(1+\bar{R})\bar{R}}{1+\bar{R}} \right]. \quad (20)$$

Используя выражения (14), (17), (19) и (20)получим

$$\sigma_{\Gamma 11} = \sigma_{S1}[A_3(1-A_4\bar{R}^3) + A_4\bar{R}^2] + \sigma_q ; \quad (21а)$$

$$\sigma_{\Gamma 12} = \sigma_{S1}[A_3(1-A_4\bar{R}^3) - A_4(1-\bar{R}^2)] + \sigma_q . \quad (21б)$$

На границе Γ_2 осевые напряжения в слоях биметаллической заготовки также определяются суммой напряжения от дополнительного сдвига, напряжения от воздействия смежного слоя и напряжений в результате деформации заготовки в конической части канала волоки.

Обозначим приращение осевого напряжения в оболочке за счёт воздействия сердечника $\Delta\sigma'_{12}$, а приращение осевого напряжения в сердечнике за счёт воздействия оболочки - $\Delta\sigma'_{21}$, запишем условие пластичности для слоёв биметаллической заготовки на границе Γ_2:

$$\sigma_{\Gamma 21} + \sigma_n = (\Delta\sigma'_1 + \Delta\sigma'_{12} + \sigma_{x1}) + \sigma_n = \sigma_{S1}; \quad (22)$$

$$\sigma_{\Gamma 22} + \sigma_n = (\Delta\sigma'_2 + \Delta\sigma'_{21} + \sigma_{x2}) + \sigma_n = \sigma_{S2}, \quad (23)$$

где $\sigma_{\Gamma 21}$ и $\sigma_{\Gamma 22}$ - продольные напряженияв оболочке и сердечнике на границе Γ_2, соответственно.

Вычитая уравнение (23) из уравнения (22) получим

$$(\sigma_{x1} - \sigma_{x2}) + (\Delta\sigma'_1 - \Delta\sigma'_2) + (\Delta\sigma'_{12} - \Delta\sigma'_{21}) = \sigma_{S1}(1-\eta). \quad (24)$$

Используя полученные выше соотношения, можно показать, что $\sigma_{x1} - \sigma_{x2} = \sigma_{S1}(1-\eta)$, а второе слагаемое определяется выражением (17). Тогда из уравнения (24) имеем

$$\Delta\sigma'_{12} - \Delta\sigma'_{21} = \Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2 . \quad (25)$$

Величины $\Delta\sigma'_{12}$ и $\Delta\sigma'_{21}$ определим из тех же соображений, что и для границы Γ_1 из уравнения, подобного уравнению (18)

$$\Delta P'_{вол} = 2\pi \int_{R_1}^{R_0} \Delta\sigma'_{12} r dr + 2\pi \int_{0}^{R_1} \Delta\sigma'_{21} r dr = 0 ,$$

откуда получим

$$\Delta\sigma'_{12} = -\Delta\sigma'_{21} \frac{\bar{R}^2}{1-\bar{R}^2} . \quad (26)$$

Используя выражения (25) и (26) получим

$$\Delta\sigma'_{12} = \sigma_{S1}\bar{R}^2 A_3 \frac{1+(1-\eta)(1+\bar{R})\bar{R}}{1+\bar{R}} ; \quad (27а)$$

$$\Delta\sigma'_{21} = -\sigma_{S1}(1-\bar{R})A_3[1+(1-\eta)(1+\bar{R})\bar{R}]. \quad (27б)$$

Примем, что $\sigma_{\Gamma 21} = \sigma_1$ и $\sigma_{\Gamma 22} = \sigma_2$, и после преобразований, с учётом полученных выше выражений, получим формулы для расчёта относительных продольных напряжений на выходе из пластической зоны

$$\bar{\sigma}_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_{S1}} = \frac{1+a-(1-\eta)\bar{R}^2}{a}(1-B_1) + \bar{\sigma}_q B_1 + \ldots$$
$$\ldots + \frac{2}{3\sqrt{3}} tg\alpha_в \left[(1+B_1)\frac{1-\bar{R}^3}{1-\bar{R}^2} - \frac{2\bar{R}^2}{1+\bar{R}}\right] + (1-\eta)\bar{R}^2 B_1 . \quad (28)$$

$$\bar{\sigma}_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_{S2}} = \eta \cdot \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{1+a-\bar{R}^2(1-\eta)}{a}(1-B_1) + \ldots \\ \ldots + \dfrac{2}{3\sqrt{3}} tg\alpha_в \left[(1+B_1)\dfrac{1-\bar{R}^3}{1-\bar{R}^2} - \dfrac{2\bar{R}^2}{1+\bar{R}}\right] - \ldots \\ \ldots - (1-\eta)(1-\bar{R}^2) + \bar{\sigma}_q B_1 \end{array} \right\}, \quad (29)$$

где $B_1 = \left(R_1 / R_0\right)^{2a} = \left(1/\lambda\right)^a$; λ - вытяжка.

Рассмотрим влияние конструкции волочильного инструмента и заготовки на величину продольных напряжений в слоях биметаллической заготовки.

Результаты расчета по формулам (28) и (29) для $\alpha_B = 8^0$, $f_n = 0{,}05$, $\lambda = 1{,}15$, $\bar{\sigma}_q = 0{,}05$ представлены на рисунке 3.

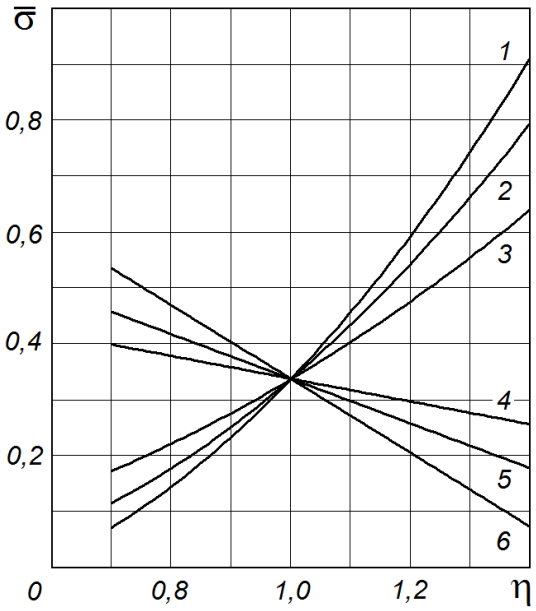


Рис.3. Зависимость относительных продольных напряжений в слоях биметалла: 1, 4 – оболочка и сердечник при $\bar{R} = 0{,}5$; 2, 5 – оболочка и сердечник при $\bar{R} = 0{,}7$; 3, 6 – оболочка и сердечник при $\bar{R} = 0{,}9$

Видно, что с изменением η относительные продольные напряжения в слоях могут существенно различаться. При этом результаты расчёта для других сочетаний α_B, f_n, λ показывают, что зависимость изменения относительных продольных напряжений имеет подобный характер.

Анализ результатов расчёта показывает, что при $\eta < 1$ (сердечник из более пластичного металла, чем металл оболочка), относительные продольные напряжения в оболочке меньше, чем в сердечнике. При $\eta > 1$ относительные напряжения в оболочке больше, чем в сердечнике и при малых значениях относительного радиуса сердечника относительные напряжения в оболочке близки к 1, что может привести к её разрушению.

Результаты расчёта показывают качественное соответствие известным экспериментальным данным. Следовательно, соотношения для определения продольных напряжений, полученные в рамках данной математиче-

ской модели, совместно с условиями пластичности позволяют определить напряженное состояние элементов биметаллической заготовки.

Список литературы

1. Пластичность и разрушение. /Под ред. Колмогорова В.Л. - М.: Металлургия, 1977. – 336 с.
2. Богатов А.А., Мижирицкий О.И., Смирнов С.В. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. - М.: Металлургия, 1984. – 144 с.
3. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения.- М.:Металлургия,1971.- 448 с.
4. Аркулис Г.Э. Совместная пластическая деформация разных металлов. - М.: Металлургия, 1964.
5. Маковский В.А., Ейльман Л.С. Основы теории и практики производства биметаллических прутков. - М.: Металлургия, 1971. – 192 с.
6. Маковский В.А., Ейльман Л.С. Биметаллические прутки. - М. Металургия, 1981. – 190 с.
7. Колмогоров Г.Л. Гидродинамическая подача смазки при обработке металлов давлением. - М. Металлургия, 1986.

ДИАГНОСТИРУЕМОСТЬ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ СО СТРУКТУРОЙ МИНИМАЛЬНОГО КВАЗИПОЛНОГО ГРАФА

Ведешенков Виктор Алексеевич
доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник
Курако Евгений Александрович
научный сотрудник
Лебедев Виталий Николаевич
кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

DIAGNOSABILITY OF DIGITAL SYSTEMS WITH MINIMAL QUASICOMPLETE GRAPH STRUCTURES

Victor Vedeshenkov, doctor of technical sciences, senior researcher, chief researcher
Eugene Kurako, researcher
Vitaliy Lebedev, candidate of technical sciences, assistant professor, head of laboratory,
V.A.Trapeznikov Institute of Control sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow

АННОТАЦИЯ

Аннотация. Предложены оценки величин диагностируемости цифровых систем (ЦС) со структурой минимального квазиполного графа. Оценки установлены обобщением результатов диагностирования отказовых ситуаций в системе из 7 абонентов и 7 коммутаторов. Показано, что на выбранной системе тестов анализируемые ЦС являются не больше чем 2-диагностируемыми для отказавших абонентов, 3-диагностируемыми - для отказавших коммутаторов и 2,2-диагностируемыми для кратного отказа абонентов и коммутаторов.

ABSTRACT

The estimates of diagnosability`s values of digital systems (DS) with structure of minimal quasicomplete graph are proposed. The estimates of diagnosability`s values of analysed DS are established by generalization of diagnosing results of different faulty situations in the DS with 7 abonents and 7 commutators. Shown that analysed DS on the selected tests are no more than 2-diagnosable for faulty abonents, than 3- diagnosable for faulty commutators and than 2, 2- diagnosable for multiple faulty abonents and commutators.

Ключевые слова: цифровая система; минимальный квазиполный граф; абонент; коммутатор; диагностируемость.

Keywords: digital system; minimal quasicomplete graph; abonent; commutator; diagnosability.

Введение

Поиск исследователями новых, более эффективных, чем известные, структур связей сложных информационных систем показал, что симметричные двудольные графы и минимальные квазиполные графы (как их модификация) предпочтительнее полных графов и полнодоступных двудольных графов по ряду параметров [1]. Минимальный квазиполный граф образуется на основе однородного двудольного графа, одну долю которого составляют коммутаторы m x m, а другую – m- портовые абоненты. Значение m выбирается таким минимальным, при котором любые два узла в одной доле связаны 2 путями длины два через разные узлы в другой доле. В одной доле имеется N коммутаторов, а в другой – N абонентов. Каждый такой путь проходит через один коммутатор, и разные пути проходят через разные коммутаторы [1].

Пример такого графа показан на рис. 1 для $n = 7$, $m = 4$.

В числе возможных областей применения графов с подобной новой структурой называют отказоустойчивые многомашинные вычислительные системы (МВС) реального времени, где подмножество вершин (абонентов) одной доли представляет совокупность процессорных элементов или вычислительных машин, а подмножество вершин другой доли - коммутаторы.

Цифровыми системами (ЦС) называются модели многомашинных или многопроцессорных вычислительных систем, отражающие необходимые диагностические свойства и параметры анализируемых вычислительных систем.

Задачи диагностирования ЦС со структурой минимального квазиполного графа до сих пор не рассматривались. Задачи диагностирования ЦС с родственной структурой – структурой симметричного двудольного графа рассматривались в [2].

Одним из основных параметров диагностических систем является величина их диагностируемости. Максимальное число одновременно неисправных и произвольно расположенных компонентов, достоверно диагностируемых по результатам однократного тестирования системы, называется величиной *t* диагностируемости системы [3]. Знание величины диагностируемости анализируемой системы позволяет оценить достоверность результатов, полученных системой диагностирования, а также задавать разумные требования к точности диагностирования на этапе проектирования системы.

Постановка задачи

Исходная МВС со структурой минимального квазиполного графа $S_{n,m}$ представлена диагностическим графом, у которого *n* вершин одной доли представляют абоненты (процессоры) системы, *n* вершин другой доли - коммутаторы, причем каждый абонент связан с каждым другим абонентом двумя путями, проходящими через 2 разных коммутатора.

Будем считать, что допускаются устойчивые отказы ограниченного числа вершин: абонентов и коммутаторов. Линии связи между компонентами считаются исправными.

Для описания результатов тестирования компонентов используется модель ПМЧ [3]. Запуском процессов диагностирования в различных подсистемах ЦС и обработкой полученных результатов занимается исправный диагностический монитор (ДМ), который находится в модуле, внешнем по отношению к диагностируемой ЦС.

Требуется оценить величины диагностируемости компонентов (абонентов, коммутаторов) анализируемой ЦС.

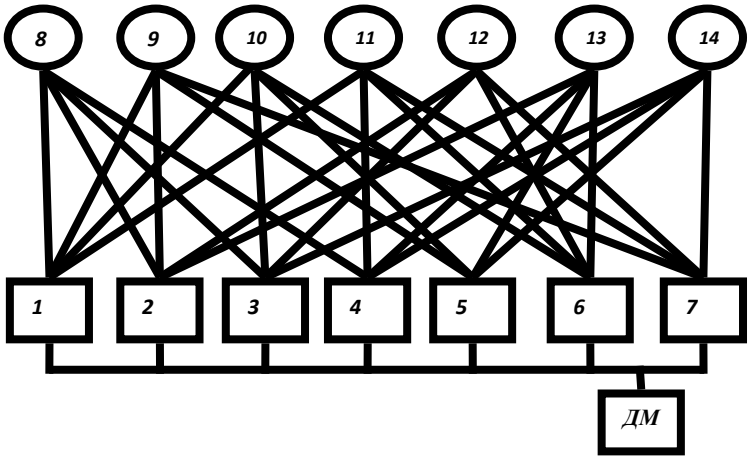


Рисунок 1. Схема цифровой системы со структурой минимального квазиполного графа $S_{7,4}$: 1-7 – абоненты; 8-14 – коммутаторы; ДМ – диагностический монитор

Подход к оцениванию величин диагностируемости

Из [3] известно следующее

*Определение. Цифровая с*истема *S* из *n* модулей является однократно диагностируемой относительно *t* отказов, если все отказавшие модули можно идентифицировать по результатам дешифрации синдрома (результатов однократного тестирования системы) при условии, что число отказавших модулей не превышает *t.*

Для дальнейших действий будет полезно Утверждение, противоположное данному определению:

Утверждение. Система *S* из *n* модулей не является однократно диагностируемой относительно *t* отказов, если хотя бы для одной отказовой ситуации (подмножества отказавших компонентов) мощностью *t* диагноз является неполным или содержит ошибки: в числе подозреваемых в отказе названы исправные модули.

Аналитические оценки величин диагностируемости ЦС, построенных с использованием двух (и более) типов компонентов, неизвестны. Представляется целесообразным для подобных ЦС ввести несколько оценок величин диагностируемости:

- t_{10} (t_{20}, $t_{см}$) – оценка величины диагностируемости компонентов 1-го типа (2-го типа, смеси компонентов 1-го и 2-го типов) соответственно.

Предлагается следующая формула для оценки величин диагностируемости

$$q_1 \le t_{10}\,;\, q_2 \le t_{20};\, .\, t_{см} = (q_1 \le t_1\,;\, q_2 \le t_2) \quad (1)$$

где q_1 (q_2) – количество компонентов 1-го типа (2-го типа), подозреваемых в отказе, и оценки t_{10} и t_1, t_{20} и t_2 могут не совпадать. В пользу такой структуры оценки $t_{см}$ говорит следующее соображение: отказы компонентов одного типа ухудшают условия диагностирования компонентов другого типа, так как уменьшают количество их потенциально возможных проверок.

Сравнение количеств компонентов первого (q_1) и второго (q_2) типов в смеси компонентов, подозреваемых в отказе по результатам диагностирования, с оценками из (1) позволяет оценить достоверность полученных результатов:

- если количества компонентов, подозреваемых в отказе, не превышают соответствующих оценок, то полученный диагноз является правильным, и достоверность результатов достаточно высока;

- если же хотя бы для одного из компонентов количество подозреваемых в отказе превышает свою оценку, то возможно, что диагноз неправилен, нужны дополнительные проверки для его уточнения.

Предлагаемые ниже оценки t_{10}, t_1, t_{20}, t_2 для ЦС со структурой минимального квазиполного графа получены путем обобщения результатов диагностирования отказовых ситуаций различной кратности, полученных с помощью метода из [2], модернизированного для анализа ЦС рассматриваемой структуры.

В таблице 1 показана информация о составе проверяемых подсистем $U_{i,k}$ и номерах проверяющих их абонентов A_j, выбранных для диагностирования компонентов системы $S_{7,4}$ (рис. 1). В табл. 1 семь пар строк T_{j1}, T_{j2}, в которых для проверяющего абонента A_j (j=5, 2, …, 7) записаны номера компонентов, входящих в состав подсистем $U_{i1,k1}$, $U_{i2,k2}$, $U_{i3,k3}$, проверяемых абонентом A_j. Как видно из табл. 1, каждый абонент A_j проверяет 6 других абонентов в составе различных подсистем, что в 6 раз больше, чем нужно для контроля исправности, но оказывается необходимым при диагностировании кратных отказов различных компонентов определенного вида. Проверки, относящиеся к одному проверяющему абоненту, разбиты на две части: это оказывается удобным в процессе диагностирования при выборе следующего исправного проверяющего абонента.

Таблица 1

Таблица состава проверяемых подсистем

Строки T_{j1}, T_{j2}	Проверяющий абонент A_j	Проверяемые подсистемы $U_{i,k}$,		
		$U_{i1,k1}$	$U_{i2,k2}$	$U_{i3,k3}$
T_{51}	5	9, 2	10, 6	14, 3
T_{21}	2	8, 1	13, 5	9, 1
T_{11}	1	10, 3	9, 7	8, 4
T_{31}	3	12, 6	14, 4	10, 5
T_{61}	6	13, 4	11, 1	12, 7
T_{41}	4	14, 7	8, 3	13, 2
T_{71}	7	14, 5	12, 2	11, 6
T_{52}	5	9, 7	13, 4	10, 1
T_{72}	7	11, 4	9, 2	12, 3
T_{42}	4	11, 6	11, 1	14, 5
T_{62}	6	12, 2	10, 3	13, 5
T_{22}	2	12, 3	13, 6	8, 4
T_{32}	3	8, 1	14, 7	8, 2
T_{12}	1	9, 5	10, 6	11, 7

В табл. 2 показаны результаты диагностирования некоторых отказовых ситуаций различной кратности рассматриваемой системы. В столбцах 2 и 3 этой таблицы приведены количества q_1 и q_2 отказавших компонентов 1-го и 2-го типов в отказовой ситуации, номер которой показан в столбце 1, в столбце 4 - номера отказавших компонентов, в столбце 5 - номера компонентов, подозреваемых в отказе по результатам диагностирования этой отказовой ситуации, в столбце 6 – примечания о правильности или ошибочности диагноза.

Таблица 2

Таблица результатов диагностирования

NN п/п	q_1	q_2	Неисправные компоненты	Диагноз	Примечания
1	2	3	4	5	6
1	2	0	3, 6	3, 6	без ошибки
2	3	0	1, 2, 3	1, 2, 3 + 8	ошибка
3	0	3	8, 13, 14	8, 13, 14	без ошибки
4	0	4	8, 9, 12, 13	8, 9, 12, 13 + 2	ошибка
5	2	2	1, 3, 9, 13	1, 3, 9, 13	без ошибки
6	1	3	7, 8, 13, 14	7, 8, 13, 14 + 4	ошибка

В клетках на пересечении 5-го столбца и строк 2, 3, 6, 7, 14 – 16 результат диагноза ошибочен (что отмечено в соседней клетке столбца 6) и показан в виде суммы номеров компонентов правильного диагноза (слева от знака +) и номеров исправных компонентов, ошибочно признанных отказавшими (справа от знака +).

С учетом приведенного выше утверждения на основании данных таблицы 2 можно заключить, что для гарантированного получения правильного диагноза в ЦС со структурой минимального квазиполного графа при выбранной системе тестов нужно обеспечить выполнение следующих соотношений:

$$q_1 \le t_{10} = 2 \; ; \; q_2 \le t_{20} = 3;$$
$$t_{см} = (q_1 \le t_1 = 2; \; q_2 \le t_2 = 2) \qquad (2)$$

Сравнение номеров компонентов, показанных в столбцах 4 и 5 табл. 2, позволяет сделать следующие выводы.

Совпадение состава компонентов 4-го и 5-го столбца в строках 1, 3, 5 говорит о достоверности результатов диагностирования отказовых ситуаций, показанных в этих строках, так как:

- количество абонентов, показанных в клетке 5 строки 1 - q_1=2, не превышает величины t_{10} = 2 в формуле 2;
- количество коммутаторов, показанных в клетке 5 строки 3 – q_2= 3, не превышает величины t_{20} = 3 в формуле 2;
- количества q_1 абонентов и q_2 коммутаторов, показанных в клетке 5 строки 5, не превышают величин t_1 = 2, t_2 = 2 в формуле 2. Что же касается результатов диагноза для строк 2, 4, 6, то они не удовлетворяют соотношениям для $t_{см}$ хотя бы для одного из компонентов, а потому результаты недостоверны.

Из рис. 1 видно, что любая пара абонентов связана через 2 коммутатора. Поэтому при отказе любой пары абонентов в число подозреваемых могут попасть 1 или 2 соединяющих их коммутаторов. Для того чтобы исключить коммутатор из числа подозреваемых при отказе двух абонентов, которые он соединяет, нужна конкретная проверка, включающая 2 исправных абонента и данный коммутатор. Например, абонентов 3 и 6, показанных в строке 1 табл. 2, соединяют коммутаторы 10 и 12; для подтверждения их исправности нужны проверки: 5 → (10, 1) и 7 → (12, 2), которые показаны в строках T_{52} и T_{71} табл. 1 соответственно. Поскольку из 7 абонентов можно образовать 21 пару абонентов, то для исключения ошибок при диагностировании отказов двух любых абонентов диагностический тест должен содержать 42 различных проверки, состав которых определяется выбранной парой абонентов. В табл. 1 показаны 42 необходимые проверки, исключающие ошибки при отказе любой пары абонентов.

В заключение отметим, что в данной работе новыми являются следующие результаты:

- предложена формула для оценки величин диагностируемости компонентов (абонентов и коммутаторов) цифровых систем с новой структурой - минимального квазиполного графа;
- оценки величин диагностируемости анализируемых ЦС получены обобщением результатов диагностирования отказовых ситуаций различной кратности в системе из 7 абонентов и 7 коммутаторов;
- показано, что на выбранной системе тестов анализируемые ЦС являются не больше чем 2-диагностируемыми ЦС для отказавших абонентов, 3-диагностируемыми – для отказавших коммутаторов и 2,2-диагностируемыми – для кратного отказа абонентов и коммутаторов.
- показано, что для обеспечения таких оценок диагностический тест должен включать 42 проверки специального вида, так как величины диагностируемости анализируемой ЦС зависят как от ее структуры, так и от полноты теста, используемого в системе диагностирования.

Список литературы:

1. Каравай М.Ф., Подлазов В.С**.** Распределенный полный коммутатор как «идеальная» системная сеть для многопроцессорных вычислительных систем // Управление большими системами. Выпуск 34. М: ИПУ РАН. 2011. С. 92 – 116. URL: http://ubs.mtas.ru/upload/library/UBS3405.pdf.
2. Ведешенков В.А. Организация диагностирования цифровых систем со структурой симметричного двудольного графа // Проблемы управления.- 2009.- №6.- С. 59-67.
3. Preparata F.P., Metze G., Chien R.T. On the connection assignment problem of diagnosable systems // IEEE Trans. Electr. Comput. -1967.- V.- 16.- № 6.- P. 848-854.

ЛЕГКОКАРКАСНЫЕ ЗДАНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вержбовский Геннадий Бернардович

Кандидат технических наук, доцент, Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону

LIGHT WEIGHT FRAME BUILDINGS OF COMPOSITE MATERIALS

Verzhbovskiy Gennadiy, Candidate of Science, assistant professor of Rostov State University of Civil Engineering, Rostov-on-Don

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены малоэтажные здания с каркасом из композитных досок. Описываются особенности конструкции и способы соединения отдельных элементов каркаса, а также преимущества использования композитных материалов вместо традиционных пиломатериалов.

ABSTRACT

Light weight frame building with a frame made of composite boards is considered. the design features and methods of connecting the individual elements of a skeleton, as well as the benefits of using composite materials instead of traditional lumber are describes.

Ключевые слова: древесно-полимерный композит, декинг, легкокаркасное здание.

Keywords: wood-polymer composite, decking, light weight frame building

Декинг или террасная доска является основным изделием из композитов, в настоящее время используемым в строительстве. По данным академии наук республики Башкортостан в 2011 году в России было произведено около 9 400 тонн террасной доски. С учетом темпов роста по количеству производителей, объем этой области рынка может расти со скоростью 40-50% ежегодно и достичь 100 тыс. тонн в 2017 году, а к 2020 году превысить 400 тыс. тонн. Прогноз объемов производства декинга в нашей стране представлен на рисунке 1.

Террасная доска по внешнему виду похожа на обычные пиломатериалы и отличается от последних только составом, из которого она изготавливается, способом производства и наличием полостей внутри изделия. Похожесть позволяет рекомендовать декинг для использования в качестве несущих элементов легкокаркасных зданий. При этом, конечно, потребуется корректировка свойств композитного материала и размеров поперечного сечения досок, выпуск необходимых дополнительных элементов и т.п., однако все это можно осуществить при незначительном перепрофилировании или расширении уже существующих производств.

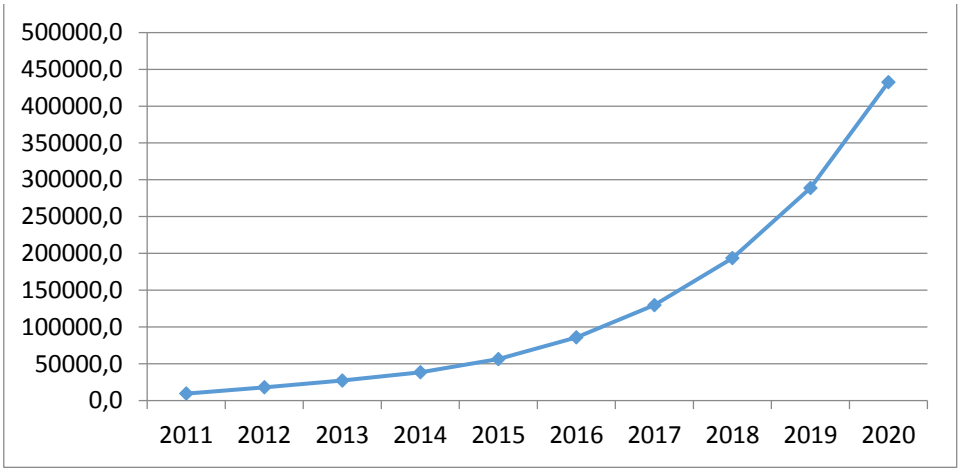


Рисунок 1. Прогноз роста объемов производства (тонн) декинга в России

В качестве одного из возможных решений предлагается композитная доска, общий вид и поперечное сечение которой показаны на рис. 2. Одна из пластей элемента имеет продольные выемки, необходимые для точного позиционирования примыкающих деталей. Торцы досок должны закрываться заглушками, как это обычно делается при монтаже декинга, однако форма и назначение заглушек в рассматриваемом случае несколько отличаются от общеизвестных.

Поскольку доски используются в качестве элементов каркаса стеновых панелей, должно быть обеспечено их проектное расположение в стене. Стойки панелей обычно крепятся к нижней и верхней обвязкам – горизонтально расположенным доскам.

В случае использования обычных пиломатериалов секции стен собираются в заводских условиях на специальных стендах, а затем транспортируются к месту строительства. Поэлементная сборка на площадке, как правило, не практикуется из-за возможных ошибок. Такой подход ускоряет процесс монтажа здания на месте, однако в ряде случаев требует наличия крупногабаритного транспорта для перевозки панелей.

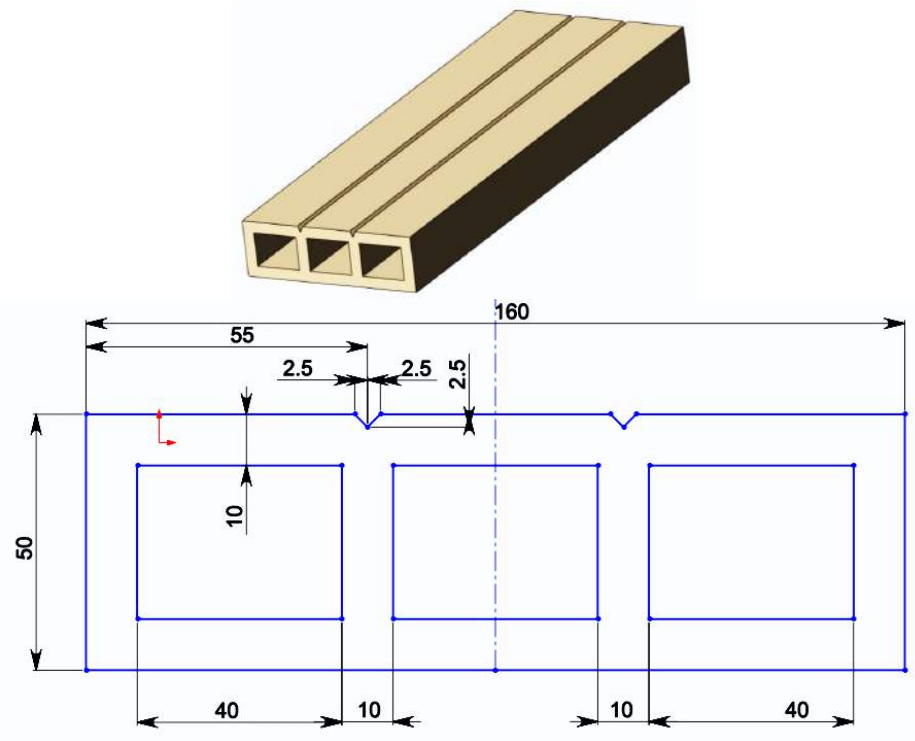
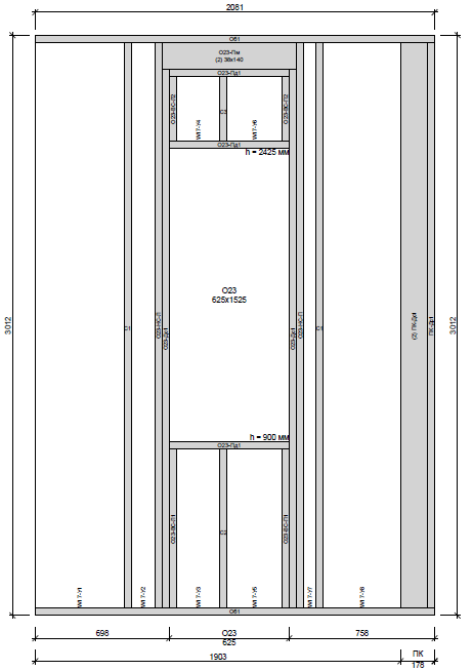


Рисунок 2. Общий вид и поперечное сечение композитной доски

Композитные легкокаркасные строения предлагается производить несколько иначе. Сначала с помощью специализированных компьютерных программ выполняется конструирование объекта в соответствии с архитектурными проработками. При этом формируются спецификации материалов, а также автоматически создаются инструкции по сборке отдельных частей здания, подобные показанной на рис. 3.

Спецификации передаются на производство, где осуществляется выпуск досок необходимой длины, а также установка на отдельные элементы (как правило, это обвязки стеновых панелей) представленных на рис. 4 заглушек, которые должны находиться в местах расположения стоек.



Положение, мм	Код элемента	Элемент	Материал	Левая длина, мм	Правая длина, мм	Ширина, мм
(0; 0)	О61	Нижняя обвязка	38x140	2081	2081	
(0; 38)	W17-У1	Блок утеплителя	EPS (R20)	2936	2936	462
(0; 2974)	О61	Верхняя обвязка	38x140	2081	2081	
(462; 38)	С1	Стойка панели	38x140	2936	2936	38
(500; 38)	W17-У2	Блок утеплителя	EPS (R20)	2936	2936	122
(622; 38)	О23-НС-Л	Стойка проёма	Доска 38x140	2936	2936	38
(660; 38)	О23-Дс1	Подпорка перемычки	38x140	2796	2796	38
(660; 2834)	О23-Пм	Перемычка	38x140	701	701	
(660; 2834)	О23-Пм	Перемычка	38x140	701	701	
(698; 38)	О23-ВС-Л1	Стойка проёма	Доска 38x140	824	824	38
(698; 862)	О23-Пд1	Обвязка проёма	38x140	625	625	
(698; 900)	О23	Проём		1525	1525	625
(698; 2425)	О23-Пд1	Обвязка проёма	38x140	625	625	
(698; 2463)	О23-ВС-Л2	Стойка проёма	Доска 38x140	333	333	38
(698; 2796)	О23-Пд1	Обвязка проёма	38x140	625	625	
(736; 38)	W17-У3	Блок утеплителя	EPS (R20)	824	824	226
(736; 2463)	W17-У4	Блок утеплителя	EPS (R20)	333	333	226
(962; 38)	С2	Стойка панели	38x140	824	824	38
(962; 2463)	С3	Стойка панели	38x140	333	333	38
(1000; 38)	W17-У5	Блок утеплителя	EPS (R20)	824	824	285
(1000; 2463)	W17-У6	Блок утеплителя	EPS (R20)	333	333	285
(1285; 38)	О23-ВС-П1	Стойка проёма	Доска 38x140	824	824	38
(1285; 2463)	О23-ВС-П2	Стойка проёма	Доска 38x140	333	333	38
(1323; 38)	О23-Дс1	Подпорка перемычки	38x140	2796	2796	38
(1361; 38)	О23-НС-П	Стойка проёма	Доска 38x140	2936	2936	38
(1399; 38)	W17-У7	Блок утеплителя	EPS (R20)	2936	2936	63
(1462; 38)	С1	Стойка панели	38x140	2936	2936	38
(1500; 38)	W17-У8	Блок утеплителя	EPS (R20)	2936	2936	403
(1903; 38)	ПК-Дс1	Доска детали плоская	38x140	2936	2936	140
(1903; 38)	ПК-Дс1	Доска детали плоская	38x140	2936	2936	140
(2043; 38)	ПК-Дс1	Доска детали	38x140	2936	2936	38

Рисунок 3. Инструкция по сборке части стены здания

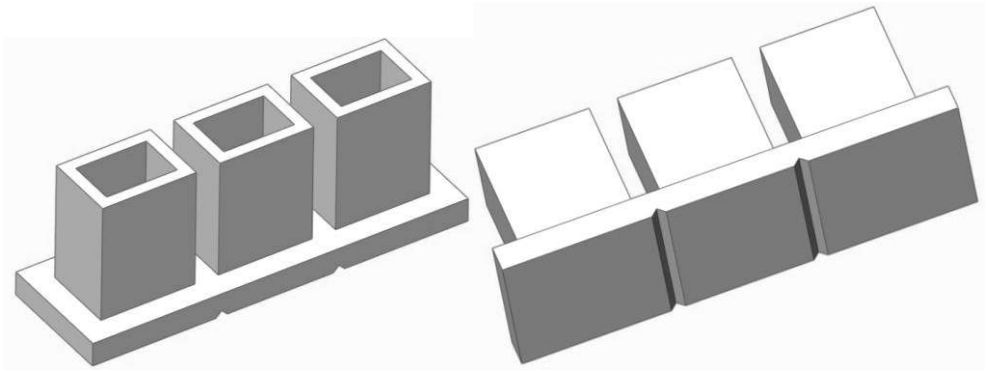


Рисунок 4. Заглушка торцов досок

Рисунок 5 демонстрирует пример нижней обвязки стеновой панели с установленными на ней заглушками. Соединение деталей выполняется, как и в традиционной технологии на шурупах. Для корректной ориентации стоек стены в пазы обвязки и заглушек помещаются вкладыши-фиксаторы.

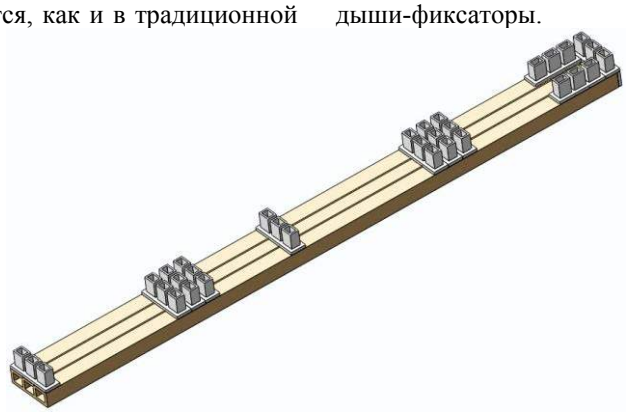


Рисунок 5. Нижняя обвязка стеновой панели с установленными заглушками

Из подготовленных обвязок и отдельных досок формируется пакет, который доставляется на строительную площадку, где стойки стены просто одеваются на заглушки и крепятся к ним шурупами. При наличии инструкции сборку может выполнять как сам Заказчик, так и строители, не имеющие опыта подобной работы. В результате получается секция стеновой панели, показанная на рис. 6.

Существующие технологии легкокаркасного деревянного домостроения предполагают использование в качестве несущих конструкций цокольного и междуэтажных перекрытий досок или составных балок из древесины, фанеры, ориентированно стружечных плит и т.п. [1]. При этом по наружным граням фундаментных конструкций или стеновых панелей устанавливаются обвязочные балки, к которым крепятся рядовые элементы перекрытий. Сборка конструкций осуществляется на шурупах.

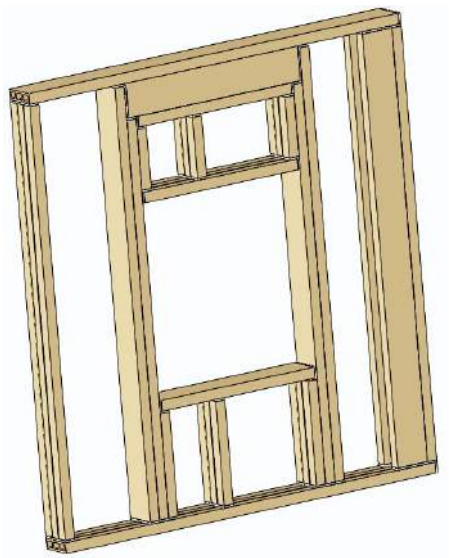
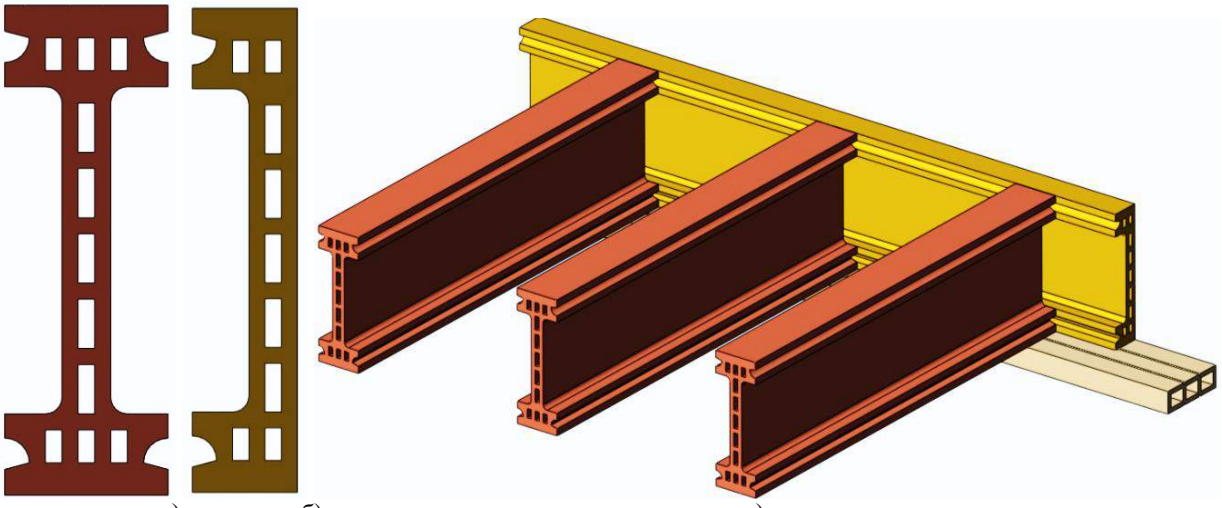


Рисунок 6. Стеновая панель в сборе

Использование композитных материалов и здесь имеет ряд преимуществ. Поперечным сечениям балок можно придавать практически любую форму и размеры, необходимые для обеспечения требуемых прочностных и жесткостных характеристик. Длины элементов не ограничиваются сортаментом пиломатериалов и могут достигать 9-12м. При необходимости балки выполняются армированными. На рисунке 7 в качестве одного из возможных решений представлены поперечные сечения рядовой и обвязочной балок, а также фрагмент междуэтажного перекрытия.

Соединение элементов перекрытия с обвязочной доской стеновой панели выполняется на шурупах, для чего в полках балок предусмотрены соответствующие вырезы. Более толстая, чем в обычных составных балках перекрытия стенка, обеспечивает ее устойчивость без устройства дополнительных ребер даже в развитых по высоте сечениях, а большое количество воздушных полостей улучшает звукоизоляцию. По балкам устраивается «черный» пол, который крепится к несущим конструкциям на шурупах и клею и может также выполняться из композитных материалов – ОСП или фанеры.



а) б) в)

Рисунок 7. Композитное междуэтажное перекрытие легкокаркасного здания а) рядовая балка, б) обвязочная балка, в) фрагмент перекрытия

К положительным особенностям полимерных композитов относятся возможность их простой обработки и распиловки, хорошая гвоздимость и т.п. Последнее из перечисленных свойств позволяет использовать описанные выше доски также и в несущих конструкциях кровли.

При необходимости в описываемых легкокаркасных зданиях возможно использование стальных элементов, которые, строго говоря, также являются композитными. Металлические балки обычно применяются в качестве силовых элементов каркаса, необходимых для восприятия больших эксплуатационных нагрузок. Соединение конструкций из различных материалов в этом случае осуществляется стандартными способами, известными из строительной практики [2].

Список литературы:

1. Журавлев А.А., Вержбовский Г.Б., Еременко Н.Н. Пространственные деревянные конструкции. Ростов н/Д: Малыш. 2003 - 519с.
2. Thallon R. Graphic guide to frame construction. Newtown: The Taunton Press. 2008. - 258p.p.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ РАБОЧЕГО ЗАЗОРА НА МОМЕНТ ТРЕНИЯ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ УСТРОЙСТВ

Власов Алексей Михайлович
аспирант Ивановского государственного энергетического университета
Полетаев Владимир Алексеевич
докт. техн. наук, профессор Ивановского государственного энергетического университета
Пахолкова Татьяна Александровна
старший преподаватель Ивановского государственного энергетического университета

THE SETUP FOR STUDYING THE INFLUENCE OF SURFACE QUALITY OF THE WORKING GAP ON THE MAGNETO-FLUIDIC FRICTION TORQUE DEVICES

Vlasov Aleksey Mihaylovich, Graduate student, Ivanovo State Power University
Poletaev Vladimir Alekseevich, Doctor. tehn. , Professor of Ivanovo State Power University
Paholkova Tatiana Aleksandrovna, Senior Lecturer of Ivanovo State Power University

АННОТАЦИЯ.

Описана экспериментальная установка для исследования моментов трения магнитожидкостных устройств в зависимости от величин шероховатости и волнистости поверхностей полюсов и втулок из разных материалов, контактирующих с магнитной жидкостью разного типа.

ABSTRACT.

Describe the experimental setup for studying friction torques magneto-fluidic devices, depending on the values of roughness and waitstate surfaces of the poles and sleeves of different materials in contact with the magnetic fluid of a different type.

Ключевые слова: шероховатость, волнистость, магнитное поле, ферромагнитная жидкост .

Key words: roughness, waviness, the magnetic field, the ferromagnetic fluid.

Момент трения является одним из важнейших параметров магнитожидкостных герметизаторов, который влияет на величины передаваемых моментов и мощности. На момент трения магнитожидкостного устройства влияет вязкость используемой магнитной жидкости, напряженность магнитного поля, градиент скорости сдвига в рабочем зазоре устройства, величина рабочего зазора, включающая величины шероховатости поверхностей полюсов и втулки, контактирующих с магнитной жидкостью.

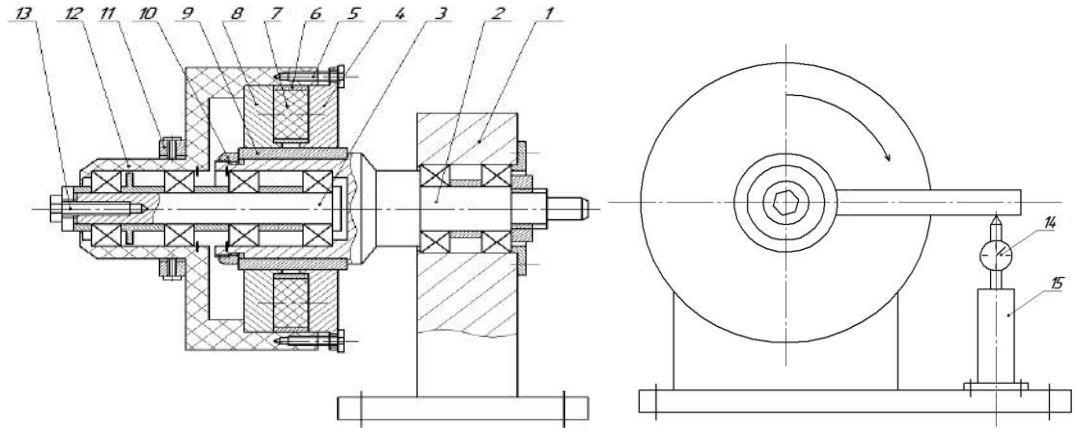
Известно, что после механической обработки на поверхностях деталей образуются микронеровности. При расположении таких поверхностей в магнитном поле микронеровности становятся концентраторами линий векторного магнитного потенциала. Однородное магнитной поле около шероховатой магнитопроводящей поверхности перераспределяется и становится неоднородным [1]. Рельеф поверхности состоит из чередующихся выступов и впадин.

Если поместить около шероховатой поверхности мелкодисперсную магнитную среду, допустим, магнитную жидкость, то магнитные частицы будут стремиться попасть в зону, где напряженности поля максимальна, то есть к вершине выступа, создавая здесь повышенную концентрацию частиц. Вершины выступов покрываются слоем частиц, которые прочно удерживаются на поверхности. Магнитные частицы выстраиваются также в цепочки по линиям магнитного поля. Силы взаимодействия между частицами, тем выше, чем сильнее напряженность магнитного поля. То есть прочность цепочек из частиц существенно выше около вершин выступов шероховатой поверхности, чем на некотором удалении, где поле равномерное. Цепочки прочно связаны с вершинами выступов. Около шероховатой магнитопроводящей поверхности образуется слой магнитной жидкости с более сильным внутренним взаимодействием частиц, вследствие чего слой более прочный, чем слои жидкости в равномерном поле и, следовательно, менее подвижный. При движении шероховатой поверхности цепочки будут разрушаться в первую очередь в области однородного магнитного поля, где силы взаимодействия между частицами меньше. Около шероховатой поверхности будет существовать трудно разрушимый слой мелкодисперсной рабочей среды. Если рассматривается шероховатая поверхность вращающегося вала, то появление неподвижного слоя мелкодисперсной рабочей среды, увеличивает эффективный диаметр вала, следовательно, возрастает момент трения вала устройства. Если толщина слоя соизмерима с рабочим зазором устройства, то его появление сокращает величину рабочего зазора, способствует заметному увеличению градиента сдвига и напряжению сдвига дисперсной среды в зазоре, соответственно, повышению потерь в устройстве [2-3].

Для определения влияния величины шероховатости и волнистости на момент трения магнитожидкостного устройства была спроектирована и изготовлена установка, показанная на рисунке 1.

Магнитная жидкость размещается с равномерном рабочем зазоре с однородным магнитным полем между сменными полюсами 4 и сменной втулкой 9. Источником магнитного поля являются цилиндрические постоянные магниты 6, равномерно размещенные по окружности между полюсными приставками. Вал приводится в движение электродвигателем с регулируемой скоростью вращения. Момент трения, создаваемый магнитной жидкостью и опорными подшипниками, передается на магнитную систему устройства и измеряется индикатором 14. Сменные втулки вала 9 выполнены из стали 3.

На рисунке 2 показана фотография экспериментальной установки, на рисунке 3–фотографии ее отдельных элементов, а на рисунке 4 – картина распределения силовых линий магнитных полей постоянных магнитов, расположенных внутри обоймы.



а) б)

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки: 1 – стойка; 2 – подвижный вал; 3 – неподвижный вал; 4 – съемный полюс; 5 – болт; 6 –диск (обойма); 7 – магнит; 8 – съемный полюс; 9 – сменная втулка; 10 – гайка; 11 – хомут; 12 – корпус; 13 – болт; 14 – индикатор; 15 – опора

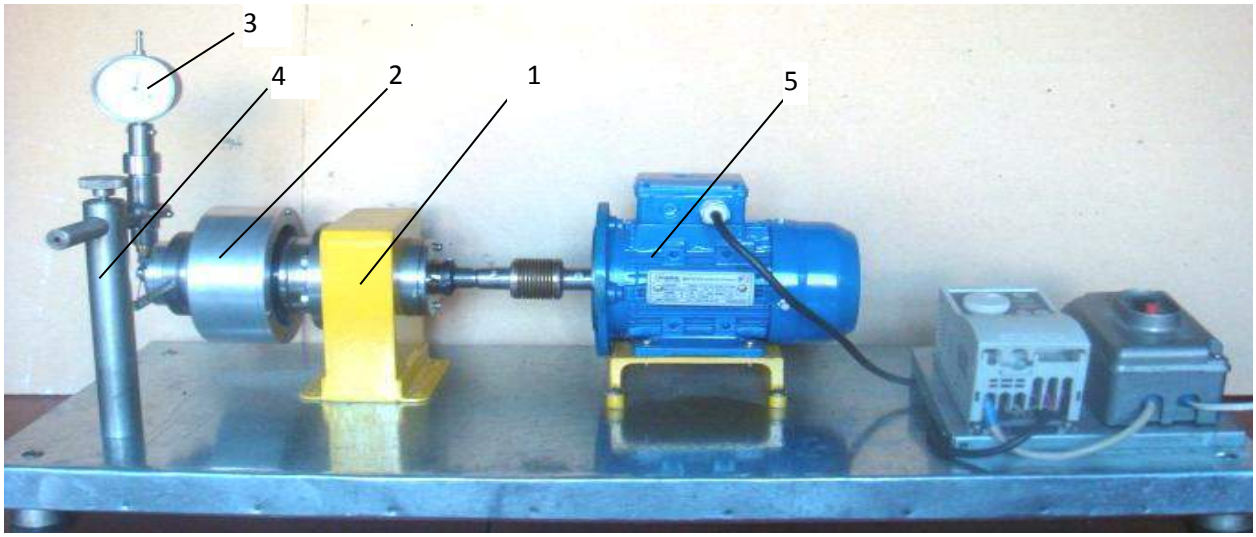
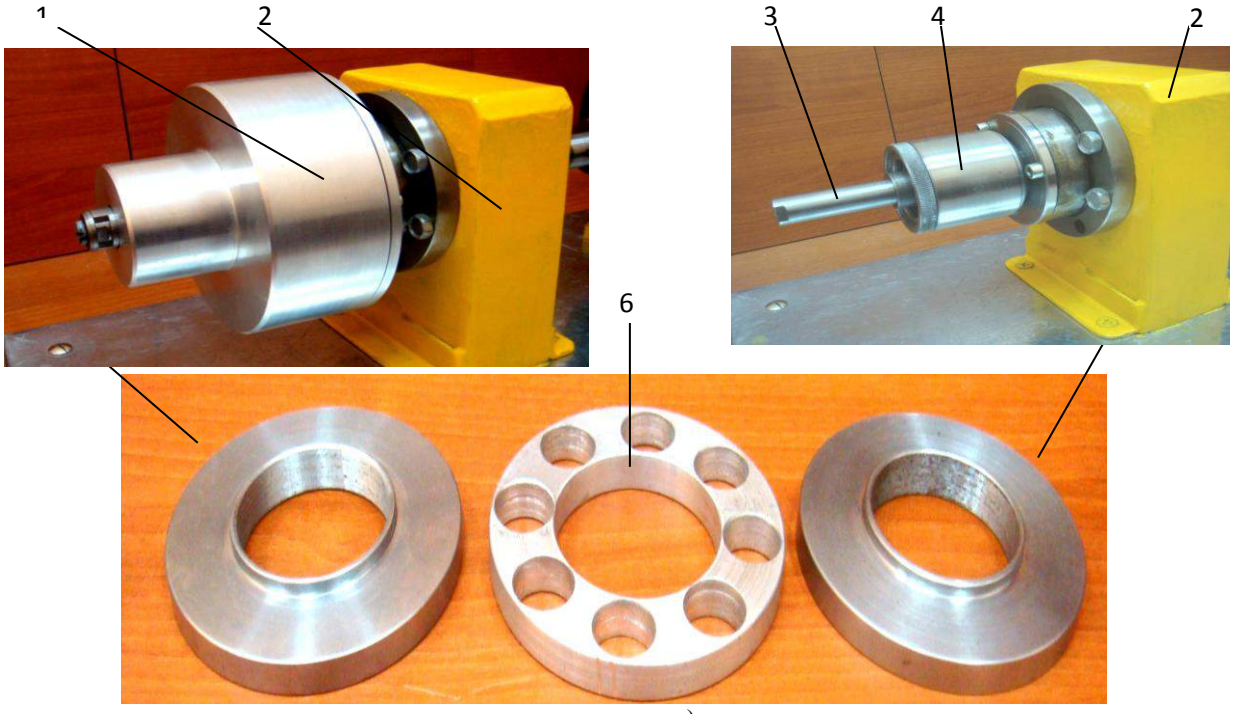


Рисунок 2 Фотография экспериментальной установки: 1 – стойка; 2 – корпус; 3 – индикатор; 4 – опора; 5 - двигатель



в)

Рисунок 3.Фотографии отдельных элементов экспериментальной установки: а) – в собранном виде; б, в) – в разборном виде: 1– корпус; 2 – стойка; 3 – неподвижный вал; 4 – сменная втулка; в). 5 – съемный полюс;; 6 – диск (обойма)

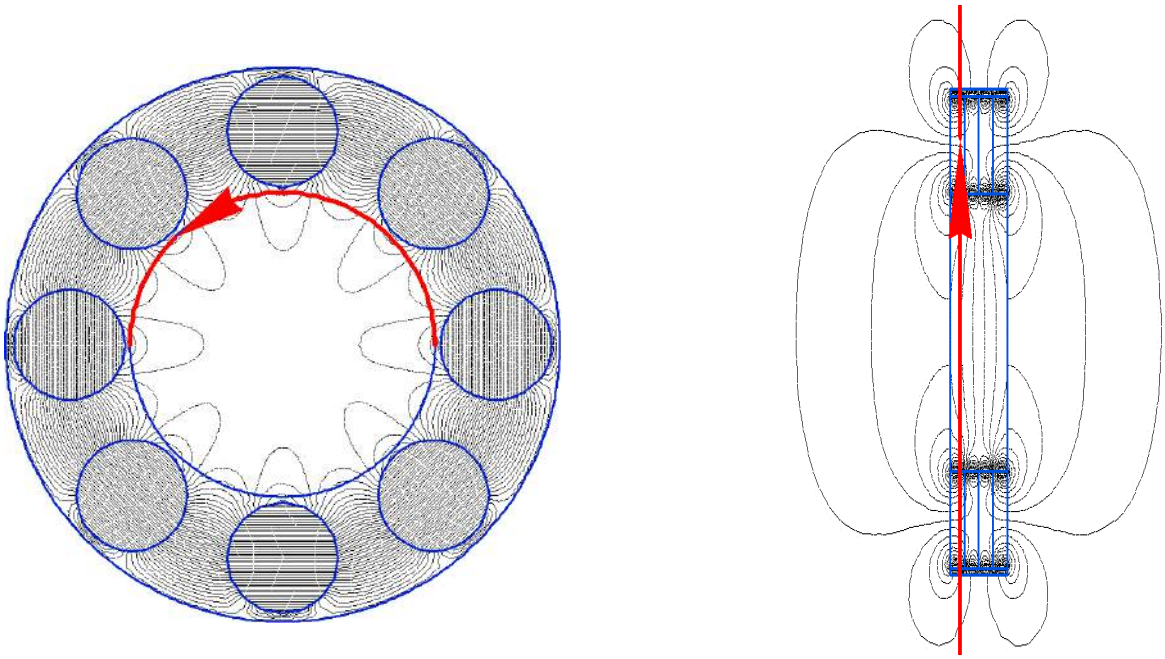


Рисунок 4. Картина распределения силовых линий магнитных полей постоянных магнитов, расположенных внутри обоймы.

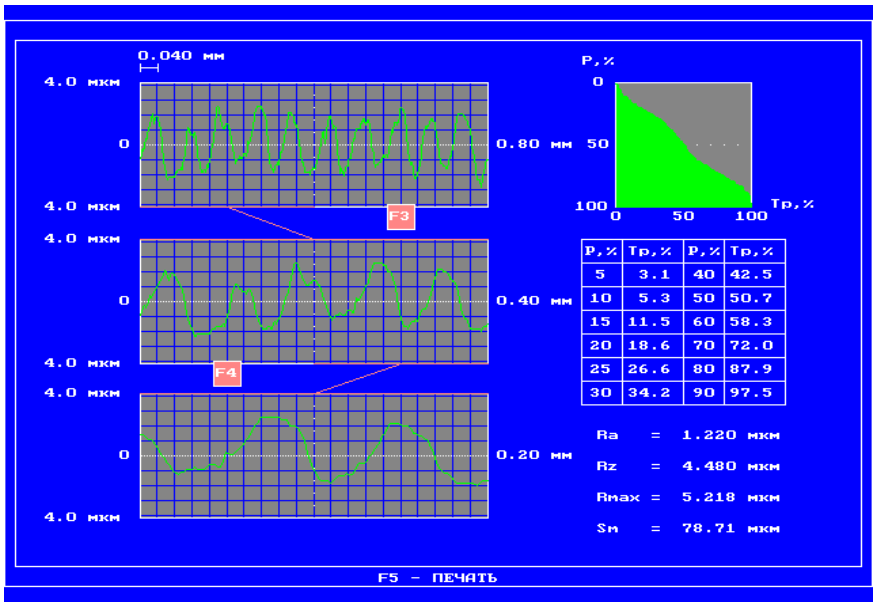
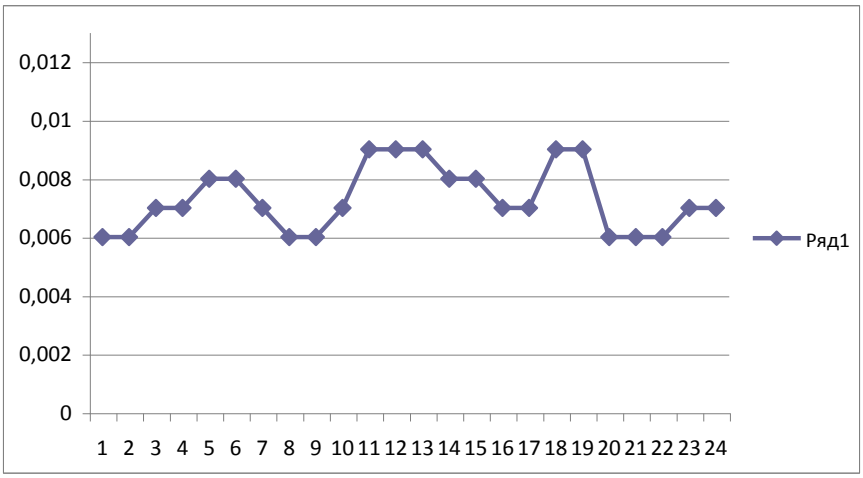
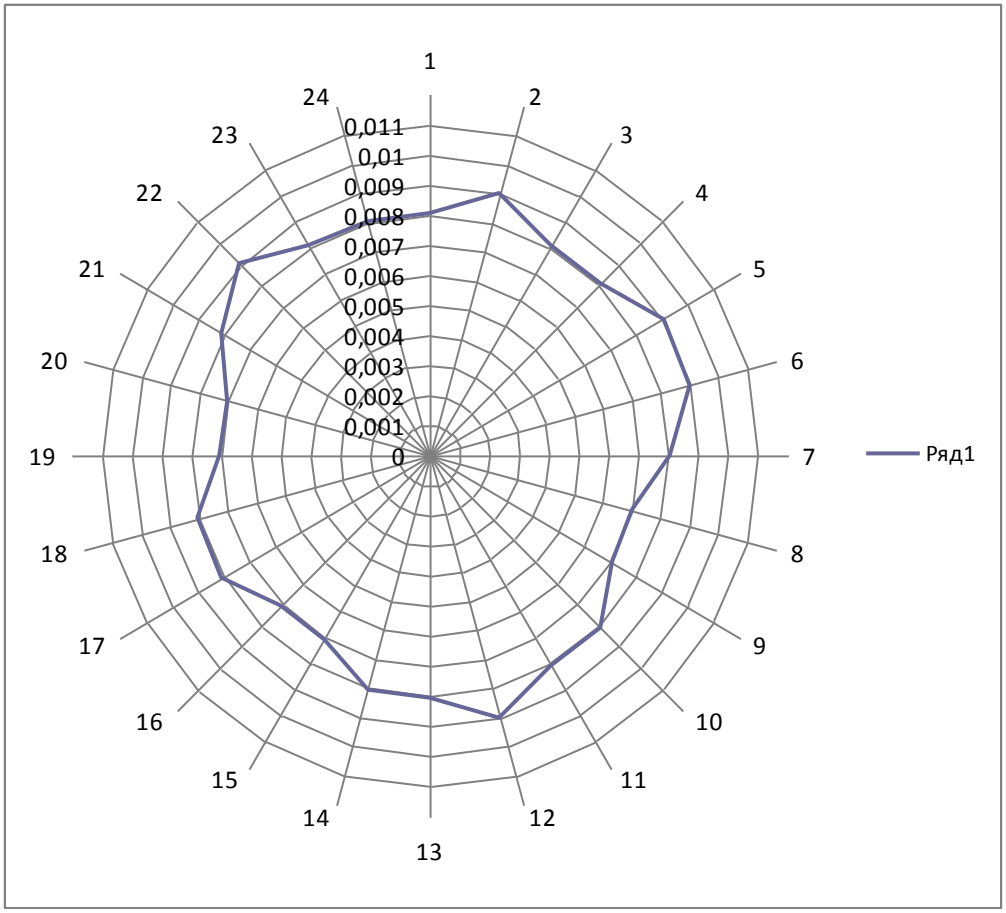


Рисунок 5. Величина шероховатости Ra наружной поверхности втулки из стали 3 (Ra =1,220 мкм)



а)



б)

Рисунок 6. Величина волнистости (мм) наружной поверхности втулки из стали 3 с шероховатостью Ra =1,220 мкм: а) – продольная; б) – поперечная

Выводы

Разработанная экспериментальная установка позволяет проводить исследования моментов трения магнитожидкостных устройств в зависимости от величины шероховатости и волнистости поверхностей полюсов и втулок из разных материалов, контактирующих с магнитной жидкостью разного типа.

Список литературы

1. **Полетаев В.А.,** Перминов С.М. Пахолкова Т.А. Роль площадки на острие зубца в формировании магнитного поля и удерживающей способности рабочего зазора иагнитожидкостного уплотнения. Вестник ИГЭУ, №.5, 2011, с.32-34.
3. **Перминов С.М.,** .Полетаев В.А, Пахолкова Т.А.. Исследование магнитного поля в рабочем зазоре с шероховатой магнитопроводящей поверхностью трения электромеханического устройства. Вестник ИГЭУ, 2012. № 2, с. 36–39.
4. **Полетаев В.А,** Пахолкова Т.А.. Исследование моментов трения в рабочем зазоре герметизаторов при использовании разных типов магнитных жидкостей. Вестник ИГЭУ, 2012, № 4. с. 35–39.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Воробьев Виктор Андреевич

Профессор, доктор технических наук, Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им.К.А.Тимирязева

CALCULATION ELECTRICALS LOADS

Vorobyev Victor, Professor, doctor of engineering, Russian Timiryazev State Agrarian University

ABSTRACT

On the basis of graphs obtain differtials equations and formula which describe probabilitys electricals loads enterprises is allow simplify calculations electricals loads.

АННОТАЦИЯ

На основе графов получены дифференциальные уравнения и формулы, которые описывают вероятности электрических нагрузок предприятий. Это позволяет упростить определение расчетных электрических нагрузок.

Ключевые слова: Графы; электроприемники; вероятности; электрические нагрузки.

Keywords: Graphs; electrocollectors; probabilitys; electrical loads.

Точность определения электрических нагрузок при проектировании и реконструкции прямо влияет на многие параметры системы электроснабжения предприятия. В связи с постоянным развитием энергетики повышение точности определения расчетных нагрузок остается актуальной задачей [5]. В данном сообщении развиваются представления, относящиеся к расчетам электрических нагрузок для второго и третьего уровней согласно терминологии принятой в [6] и сделана попытка описания процесса формирования электрических нагрузок предприятия с использованием графов[8].

Множество электроприемников (ЭП) можно представить динамической системой, имеющей полное число возможных состояний равное

$$N = 2^n \quad (1)$$

где n — число установленных ЭП.

Переход из одного состояния в другое происходит скачком в результате включения или отключения ЭП, что характерно для систем с дискретным множеством состояний. Так как данная система может переходить из состояния в состояние в произвольное время, ее функционирование может рассматриваться как случайный процесс с непрерывным временем. При этом переходы системы из состояния в состояние происходят под влиянием некоторых событий, которые в данной системе образуют потоки включений и отключений ЭП. Эти потоки легко фиксируются с помощью регистрирующих приборов. Потоки включений и отключений ЭП, как показано в [2, 3] - пуассоновские.

С определенной степенью приближения можно считать процесс формирования электрических нагрузок марковским[1] . Марковский процесс, протекающий в системе с дискретными состояниями и непрерывным временем, характеризуется системой дифференциальных уравнений, описывающих вероятности состояний. При составлении этих дифференциальных уравнений удобно пользоваться размеченными (ориентированными), графами состояний системы [8].

Для описания случайного процесса, протекающего в нашей системе с состояниями $x_0, x_1, x_2, \ldots, x_k, \ldots, x_n$ воспользуемся вероятностями состояний $w_0(t), w_1(t), w_2(t), w_k, \ldots, w_n(t)$, где $w_k(t), k = 0, 1, 2, \ldots, n$ - вероятности того, что в момент времени t система находится в состоянии x_k. Вероятности $w_k(t)$ удовлетворяют условию

$$\sum_{k=1}^{n} w_k(t) = 1. \quad (2)$$

Для получения уравнения, характеризующего вероятность включения определенного числа ЭП необходимо построить несколько графов состояний системы (группы) ЭП. На рис.1 представлен граф состояний системы, состоящей из трех ЭП : a и b и c.

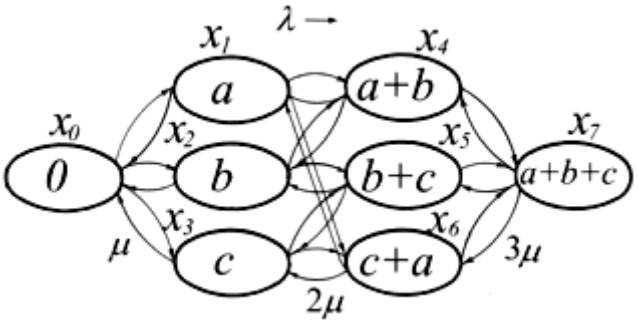


Рис. 1. Размеченный граф системы трех работающих электроприемников.

Узел x_0 соответствует состоянию 0, т. е. тому, когда оба ЭП выключены, узлы x_1, x_2 и x_3 - когда эти ЭП включены поодиночке. Узлы x_4, x_5, x_6 соответствуют включению двух ЭП. Переходы из одного состояния в другое слева направо осуществляются под влиянием потоков включений ЭП, характеризуемых плотностью λ, а справа налево – потоков отключений с плотностью $k\mu$.

$$\lambda = n/T_c; \quad \mu = 1/t_{cp} \quad (3)$$

где n - общее число установленных ЭП;

T_c - продолжительность смены;

t_{cp} - средняя продолжительность работы одного ЭП.

Все указанные графы имеют общее число узлов, согласно (1) равное 2^n и соответствующее числу возможных состояний системы, имеющей n установленных ЭП.

Для переходов рассматриваемой системы ЭП из одного состояния в другое характерна ординарность потоков включений и выключений ЭП. В данном случае берется за основу то, что вероятность одновременного включения или выключения двух и большего числа ЭП значительно меньше вероятности включения или выключения одного ЭП. В связи с этим переход из одного состояния в другое возможен только в том случае, если состояния отличаются друг от друга не более чем одним ЭП. Кроме того, в данной системе невозможны переходы из состояния в состояние с равными количествами ЭП. Анализ графов позволяет сделать вывод об их симметричности относительно среднего состояния и дает возможность вычертить без особых затруднений размеченный граф для любого числа состояний.

При наличии размеченного графа системы ЭП можно уменьшить трудоемкость составления системы дифференциальных уравнений, характеризующих вероятности состояний $w_k(t), (k = 0, 1, 2, \ldots, n)$, руководствуясь мнемоническим правилом, рекомендованным А. Н. Колмогоровым [1]. Число дифференциальных уравнений равно числу состояний системы, т. е. 2^n.

Так, для n = 3 (рис. 1) имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned}
\frac{dw_0(t)}{dt} &= \mu[w_1(t)+dw_2(t)+dw_3(t)]-3\lambda w_0(t),\\
\frac{dw_1(t)}{dt} &= \lambda[w_0(t)-2w_1(t)]+\mu[2w_6(t)+2w_7(t)-w_1(t)],\\
\frac{dw_2(t)}{dt} &= \lambda[w_0(t)-2w_2(t)]+\mu[2w_4(t)+2w_5(t)-w_2(t)],\\
\frac{dw_3(t)}{dt} &= \lambda[w_0(t)-2w_3(t)]+\mu[w_5(t)+2w_6(t)-w_2(t)],\\
\frac{dw_4(t)}{dt} &= \lambda[w_1(t)+w_2(t)-w_4(t)]+\mu[3w_7(t)-4w_4(t)],\\
\frac{dw_5(t)}{dt} &= \lambda[w_2(t)+w_3(t)-w_5(t)]+\mu[3w_7(t)-4w_5(t)],\\
\frac{dw_6(t)}{dt} &= \lambda[w_1(t)+w_3(t)-w_6(t)]+\mu[3w_7(t)-4w_6(t)],\\
\frac{dw_7(t)}{dt} &= \lambda[w_4(t)+w_5(t)+w_6(t)]-9\mu w_7(t).
\end{aligned} \quad (4)$$

Из приведенных дифференциальных уравнений видно, что в этих уравнениях число слагаемых в правых частях растет соответственно увеличению числа состояний. Число уравнений можно уменьшить, если учесть условие (2).

Анализируя графы, характеризующие возможные состояния системы ЭП, можно отметить группы сходных состояний, которые отражают появление одинаковых состояний системы, например, одновременную работу двух, трех и т. д. ЭП (одинаковых количеств ЭП).

Уравнения, описывающие указанные состояния, различаются только двумя членами, содержащими вероятность рассматриваемого состояния. В то же время, учитывая возможность приведения всех ЭП к эквивалентным (эффективным), можно считать, что состояния системы, характеризуемые одинаковыми числами включенных ЭП, равноценны и вместо группы уравнений, описывающих состояния с одинаковыми числами ЭП, можно рассматривать одно уравнение. В соответствии с этим в системе уравнений (4) можно учитывать лишь вероятности одновременной работы групп с различными числами ЭП. В результате использования указанных равенств системы дифференциальных уравнений значительно упрощаются, поскольку количество уравнений в них сокращается до n + 1. Например, система уравнений (4) будет иметь вид

$$\begin{cases}
\dfrac{dw_0(t)}{dt} = \mu w_1 - \lambda w_0,\\
\ldots\ \ldots\\
\dfrac{dw_k(t)}{dt} = \lambda[kw_{k-1}-(n-k)w_k]+\mu[(n-k)(k+1)w_{k+1}-k^2w_k],\\
\ldots\ \ldots\\
\dfrac{dw_n(t)}{dt} = \lambda w_{n-1} - \mu n w_n.
\end{cases} \quad (5)$$

Таким образом, для решения поставленной задачи из всей системы уравнений, представленной в общем виде, потребуется всего три уравнения: первое, которое характеризует состояние системы, когда все ЭП выключены, второе - состояние с включенными k ЭП и третье - состояние при всех включенных ЭП.

Используя предельное решение данной системы уравнений, можно перейти к системе алгебраических уравнений

$$\begin{cases}
\mu w_1 - \lambda w_0 = 0,\\
\ldots\ \ldots\\
\lambda[kw_{k-1}-(n-k)w_k]+\mu[(n-k)(k+1)w_{k+1}-k^2w_k]=0,\\
\ldots\ \ldots\\
\lambda w_{n-1} - \mu n w_n = 0.
\end{cases} \quad (6)$$

Решение системы уравнений (6) приводит к выражению

$$w_k = \frac{\lambda^k}{\mu^k k!} w_0 \quad (7)$$

где $a = \dfrac{\lambda}{\mu}$ - среднее число работающих ЭП: $k = 0,1,2,3,\ldots,n$ – число установленных ЭП.

Здесь w_0 - нормирующий множитель

$$w_0 = 1 \Big/ \sum_{k=0}^{n} \frac{a^k}{k!} \quad (8)$$

Полученные зависимости подобны формулам Эрланга по имени впервые нашедшего их датского математика Эрланга[4].

Для упрощения определения нормирующего множителя можно воспользоваться рекомендацией Гнеденко Б.В.[4],

согласно которой при бесконечно большом количестве приборов можно принять $w_0 = e^{-a}$.

С учетом последнего выражение (7) приобретает вид

$$w_k = \frac{a^k}{k!e^a}, \quad (9)$$

которое позволяет рассчитать вероятность включения любого числа ЭП.

Принимая вероятность появления максимальной нагрузки[7] равной 0,005 получена графическая зависимость числа ЭП участвующих в максимуме от их среднего числа, которая представлена на рис 2.

На основе выявленных закономерностей формирования электрических нагрузок можно предложить оригинальный метод их определения на основе использования сведений о режимах работы ЭП.

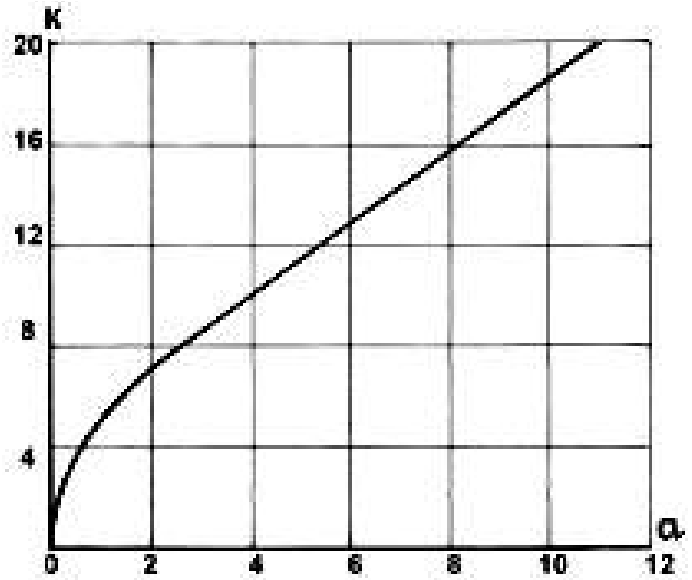


Рис.2. Зависимость числа электроприемников, участвующих в максимуме от их среднего числа

Чтобы показать эффективность определения расчетных электрических нагрузок предприятий предлагаемым методом, сравним его точность с известным и самым точным методом определения нагрузок – методом построения графика электрических нагрузок. Для этого строим произвольно график электрических нагрузок (рис.3) в течение самой напряженной смены (8 час). Рабочие периоды ЭП наносим на график в виде прямоугольников. Предприятие (цех) имеет 16 ЭП, включаемых в соответствии с принятой технологией. Построение графика показывает, что максимальная нагрузка на вводе предприятия равна 85 кВт.

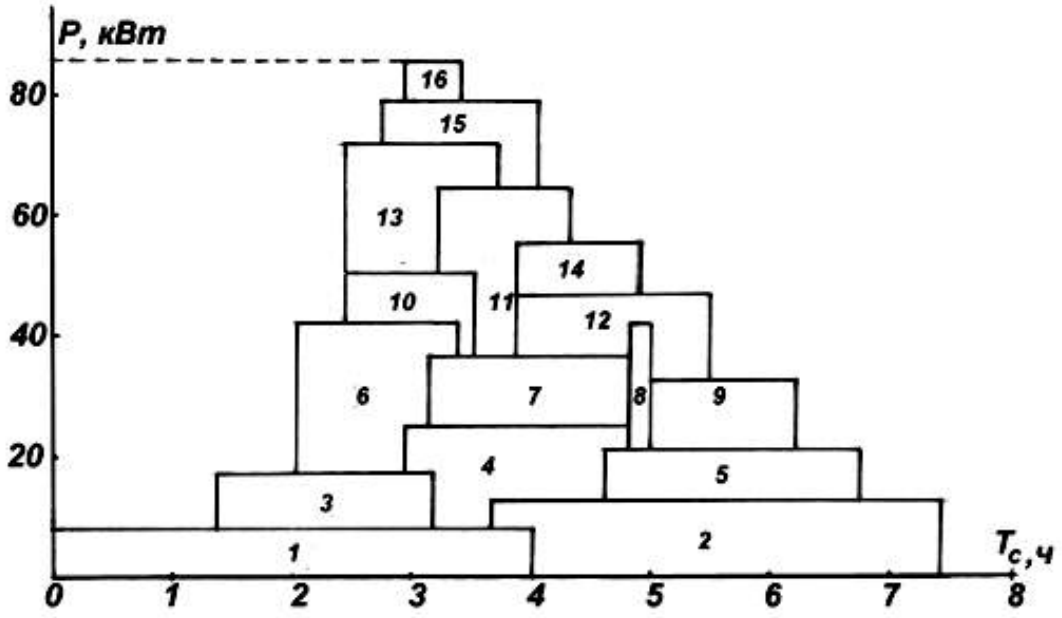


Рис.3. График электрических нагрузок объекта за наиболее загруженную смену

Параметры работы ЭП, полученные на основе использования графика рис. 3 заносим в таблицу.

Таблица

К определению расчетной электрической нагрузки по графику рис.

№ЭП	t_{pi}, ч	P_i, кВт	$P_i t_{pi}$
1	4	8	32
2	3,3	13	42,9
3	1,8	9	16,2
4	2,8	17	47,6
5	2,1	8	16,8
6	1,3	25	32,5
7	1,7	12	20,4
8	0,2	21	4,2
9	1,2	11	13,2
10	1,1	8	вкл. вместе с ЭП14
11	1,1	14	15,4
12	1,6	10	23,4 = (8+10) $\frac{1,6+10}{2}$
13	1,0	8	
14	1,3	21	34,8 = (21+8) $\frac{1,1+1,3}{2}$
15	1,3	7	9,1
16	1,0	6	6

$$\sum_{i=1}^{16} P_i = 198 \ \sum_{i=1}^{14} P_i t_{pi} = 314,5$$

На основании данных таблицы 14 имеем значение средней продолжительности работы одного ЭП

$$t_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^{14} P_i t_{pi} \Big/ \sum_{i-1}^{16} P_i = 314,5/198 = 1,59 \text{ ч}$$

ЭП12 и ЭП13 включаются одновременно, поэтому их мощности объединяем и считаем одним ординарным ЭП, аналогично учитываем и ЭП10 и ЭП14,

Таким образом, имеем 14 ординарных ЭП ($n_o = 14$).

Средняя мощность одного ординарного ЭП равна

$$\text{P}_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{16} P_i}{n_o} = \frac{198}{14} = 14,14 \text{ кВт}$$

Получасовая плотность потока включений ЭП составит

$$\lambda = \frac{n_o}{2\text{T}_\text{c}} = \frac{14}{2 \cdot 8} = 0,875$$

Среднее число работающих ЭП составит

$$a = \lambda t_{\text{ср}} = 0,875 \cdot 1,59 = 1,39$$

По графику рис. 2 определяем число ЭП, участвующих в максимуме, которое оказалось равным 6. Ожидаемая максимальная (расчетная) электрическая нагрузка будет равна

$$\text{P}_{max} = \text{к} \cdot \ \text{P}_{\text{ср}} = 6 \cdot 14,14 = 84,8 \text{ кВт}$$

По графику рисунка 3 видно, что максимальная нагрузка равна 85 кВт.

Ошибка в предсказании расчетной нагрузки составляет

$$\Delta\%\text{P} = \frac{85 - 84,8}{85} \ 100 = 0,24\%$$

Такую точность не может обеспечить ни один из существующих методов определения расчетных электрических нагрузок предприятий.

Список литературы

1. Вентцель, Е.С. Исследование операций.- М.: Наука,1980.- 208с.
2. Воробьев, В.А. Электрические нагрузки сельскохозяйственных
3. предприятий. - М.: Изд.МСХА.1991.- 297с.
4. Воробьев, В.А. Электрические нагрузки предприятий. Germany, LAP Lambert Academic Publishing. 2014г
5. Гнеденко, Б.В., Коваленко, И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. - М.:Наука.1966. - 431с.
6. Жилин, Б.В. Расчет электрических нагрузок и параметров электропотребления на ранних стадиях проектирования. (http://www.kudrinbi.ru/public/531/index.hlm).
7. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий.-
8. М.: Интермет Инжиниринг. 2006. - 672с.
9. Мешель, Б.С. О выборе расчетной вероятности максимума. // Электричество. 1962. №4. с 30…32.
10. Оре, О. Теория графов. - М.: Наука, 1980.- 336с.

ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Афонин Константин Викторович
канд. техн. наук, доцент Тюменского государственного архитектурно-строительного университета
Жилина Татяна Семеновна
канд. техн. наук, доцент Тюменского государственного архитектурно-строительного университета

АННОТАЦИЯ
В статье рассматриваются проблемы использования искусственной инфильтрации в нормировании качества воздушной среды
Ключевые слова: энергосбережение, воздухопроницаемость, качество воздушной среды, теплозатраты.

В последние двадцать лет энергосбережение и качество микроклимата находятся в центре внимания специалистов строительной отрасли всего мира. Микроклимат помещения характеризуется температурой внутреннего воздуха, температурой внутренних поверхностей ограждающих конструкций и качеством внутреннего воздуха. Все эти характеристики микроклимата имеют энергетическое содержание.

Сопоставление показателей энергоэффективности экономики России с развитыми странами показывает, что удельная энергоемкость нашего валового внутреннего продукта (ВВП) в несколько раз выше, чем в развитых странах. Так, уровень энергопотребления в расчете на единицу сопоставимого ВВП России примерно в 4 раза выше, чем в США – стране с высокой энерговооруженностью материального производства, сферы услуг и быта. Уровень потребления электроэнергии в расчете на единицу сопоставимого ВВП в России выше, чем в США, в 2,5 раза, чем в Германии и Японии – в 3,6 раза. Все это свидетельствует о значительных резервах экономии энергоресурсов в России, масштабы которых можно оценить примерно в 40–50% от уровня потребляемых топлива и энергии.

Для проектирования и эксплуатации зданий с точки зрения энергоэффективности в разных странах Европы приняты расчетные температуры воздуха помещений в зимний период 19–21 ºС, в летний – 24–26 ºС (в Великобритании 28 ºС) [5].

Рассмотрим, как изменилась за последние 40 лет структура расхода энергии, затрачиваемой на обеспечение микроклимата помещения в жилых зданиях массовой застройки. Ниже приведены диаграммы теплопотерь жилых многоэтажных зданий, построенных до 1995 года, и жилых зданий, построенных после принятия известных Постановлений Госстроя РФ о необходимости повышения теплозащитных показателей наружных ограждающих конструкций [3]:

Рисунок 1

Рисунок 2

Отсюда можно сделать вывод, что в утепленных зданиях наибольшие теплопотери приходятся на вентиляцию.

Но, необходимо помнить, что естественная вентиляция многоэтажных жилых зданий традиционно основана на том принципе, что воздух в квартиры поступает через неплотности оконных заполнений. В то же время требования к воздухопроницаемости оконных заполнений изменялись с 1971 года в следующей последовательности [4]:

- 1971 год – 18 кг/(м2·ч);
- 1979 год – 10 кг/(м2·ч);
- 1998 год – 5 кг/(м2·ч);
- в настоящее время – 3-3,5 кг/(м^2·ч);

Теперь покажем, как эти изменения сказывались на обеспечении требуемого вентиляционного воздухообмена помещений здания. Рассмотрим пример, приведенный в Стандарте АВОК 1-2004 «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена» [2]:

- общая площадь – 95 м2;
- площадь жилых помещений – 60 м2;
- объем квартиры – 280 м3;
- общая площадь окон – 10 м2;
- в квартире проживает 4 человека.

Требуемый воздухообмен составляет 140 м^3/ч или примерно 163 кг/ч.

В соответствии с изменяющимися нормативными требованиями к воздухопроницаемости оконных заполнений изменялось количество наружного воздуха, поступающего в помещение через эти заполнения, которое составляет:

- 1971 год – 18 × 10 = 180 кг/ч, что больше требуемой величины 163 кг/ч;
- 1979 год – 10 × 10 = 100 кг/ч, что меньше требуемой величины на 40 %;
- 1998 год – 5 × 10 = 50 кг/ч, что меньше требуемой величины на 70 %;
- в настоящее время – 3,5 × 10 = 35 кг/ч, что меньше требуемой величины почти на 80 %.

Таким образом, ужесточение требований к воздухопроницаемости оконных заполнений привело к нарушению принципа естественной вентиляции многоэтажных зданий – воздух в квартиры поступает через неплотности оконных заполнений – и необеспеченности требований по нормативному воздухообмену и, в результате, к ухудшению микроклимата помещений, а открытие фрамуг и проветривание приводит к переохлаждению помещения и увеличению теплозатрат на отопление.

Возможный путь снижения затрат тепловой энергии на вентиляционный воздухообмен и улучшения параметров внутреннего воздуха, это использование искусственной инфильтрации, полученной путём внесения изменений в конструкцию ограждения, непосредственно за отопительным прибором.

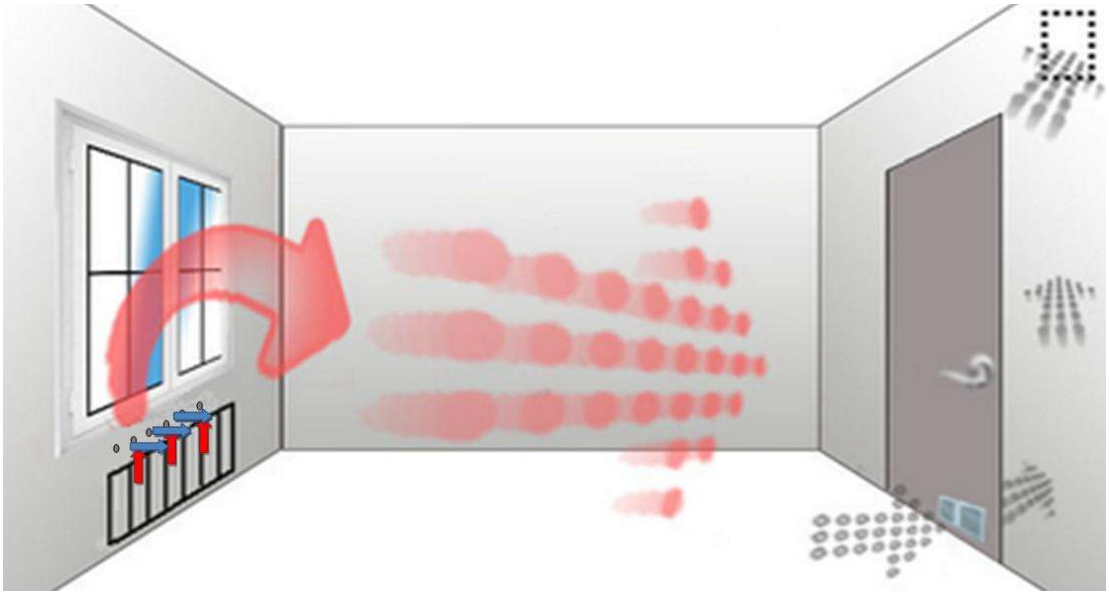


Рисунок 3

Были выполнены расчёты по определению теплозатрат на нагрев нормируемого количества воздуха с использованием искусственной инфильтрации воздуха и по определению теплозатрат на нагрев воздуха при проветривании помещения в течение 10 минут с помощью открытия одной фрамуги. Полученные данные приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Определение теплозатрат на нагрев нормируемого количества воздуха с использованием искусственной инфильтрации воздуха

Температура, С	Необходимый воздухообмен в жилом помещении, м^3/ч	Площадь общего живого сечения отверстий для нормируемого воздухообмена, м^2	Теплозатраты на нагрев нормируемого количества воздуха, Вт
-40	140	0,019	2814
-35		0,020	2579,5
-30		0,021	2345

-25		0,022	2110,5
-20		0,024	1876
-15		0,025	1641,5
-10		0,027	1407
-5		0,030	1172,5
0		0,034	938
4		0,038	750,4
5		0,039	703,5
10		0,047	469
15		0,048	234,5

Таблица 2

Определение теплозатрат на нагрев воздуха при проветривании помещения в течение 10 минут с помощью открытия фрамуги окна

Температура С	Площадь живого сечения приоткрытой фрамуги окна, м^2	Количество врываемого через окно воздуха, м^3/ч	Количество врываемого через окно воздуха, м^3/10мин	Теплозатраты на нагрев нормируемого количества воздуха, Вт
-40	0,34	2448	408	8201
-35		2350	392	7217
-30		2240	373	6253
-25		2130	355	5351
-20		2007	335	4483
-15		1873	312	3660
-10		1738	290	2911
-5		1579	263	2204
0		1420	237	1585
4		1261	210	1126
5		1224	204	1025
10		1004	167	560
15		991	165	277

Также был сделан расчёт по определению теплозатрат на нагрев воздуха в квартирах с площадью 85, 90 и 100 м^2 [1].

Таблица 3

Площадь квартиры $S_{пом}$, м^2	Высота помещения h, м	Средняя температура внутреннего воздуха t_i, ^{0}C	Температура наружного воздуха, t_m, ^{0}C	Теплозатраты на нагрев нормируемого количества воздуха, Вт
85	2,8	20	-40	12029,472
			-20	8019,648
			0	4009,824
			10	2004,912
			15	1002,456
90	2,8	20	-40	12936,672
			-20	8624,448
			0	4312,224
			10	2156,112
			15	1078,056
100	2,8	20	-40	14157,696
			-20	9438,464
			0	4719,232
			10	2359,616
			15	1179,808

По полученным данным видно, что теплозатраты на нагрев нормируемого количества воздуха, с использованием искусственной инфильтрации, составляют примерно 20-23% от общих теплозатрат помещения, а теплозатраты при открытии фрамуги окна составляют 50-70%.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что использование искусственной инфильтрации способствует снижению затрат тепловой энергии на воздухообмен и улучшению параметров микроклимата жилого помещения.

Список литературы

1. К.В. Афонин, Т.С. Жилина, Е.О. Сазонова Искусственная инфильтрация как способ создания нормируемого качества воздушной среды в жилых помещениях. Материалы XI Международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды» - Ханой: Национальный строительный университет, 2013.
2. Стандарт АВОК-1-2004 «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена».
3. Журнал АВОК №4 2002. Рубрика: Энергоэффективные здания. Технологии.
4. Журнал АВОК №5 2008. Рубрика: Микроклимат помещения.
5. ASHRAE 62–1999 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

ТОКООГРАНИЧИТЕЛЬ

Иванов Николай Андреевич
студент, Самарского Государственного Технического Университета
Казанцев Александр Андреевич
аспирант, Самарского Государственного Технического Университета
Воронин Александр Анатольевич
канд. тех. наук, доцент Самарского Государственного Технического Университета

CURRENT LIMITER

Ivanov Nicolai, Student of Samara State Technical University
Kazancev Aleksandr, graduate student of Samara State Technical University
Voronin Aleksandr, Candidate of science, associate professor of Samara State Technical University

АННОТАЦИЯ

В данной работе описывается устройство и принцип работы токоограничителя с применение жидкометаллического сплава. Показаны основные характеристики сплава, а также представлены результаты опытов на исследование величины номинального тока токоограничителя.

ABSTRACT

This paper describes the design and function of the current limitation with the use of liquid metal alloy. The basic characteristics of the alloy, as well as the results of experiments on the study of the current rating of current limiter.

Ключевые слова: ограничитель, короткое замыкание, защита, жидкий металл, ток среза, надежность.

Keywords: limiting, short circuit protection, a liquid metal, the current cutoff, reliability.

На современном этапе развития электроэнергетическая отрасль характеризуется ростом электрических нагрузок и генерирующих мощностей. Результатом этих двух взаимно связанных процессов является увеличения уровня токов короткого замыкания при авариях в электрических сетях. Увеличение токов короткого замыкания сопровождается ростом электродинамических и электротермических воздействий на электрооборудование, что приводит к росту их повреждений и как следствие влечет за собой снижение надежности электроснабжения. Поэтому проблема ограничения токов короткого замыкания является весьма актуальной.

В сетях среднего напряжения 6-10 кВ основными способами ограничения токов короткого замыкания можно считать применения токоограничивающих реакторов, резонансных токоограничителей и полупроводниковые токоограничители. В данной работе рассматривается жидкометаллический токоограничитель.

Рассматриваемый токоограничитель представляет собой компактное электротехническое устройство, является сверхбыстрым средством ограничения пиковых значений тока при появлении их в электрической сети. Токоограничитель состоит из двух твердометаллических электродов, которые совместно с шайбами, керамическими перегородками и медными проводящими пластинами образуют герметичную камеру, содержащую ряд полостей, соединенных капиллярным каналом. Жидкий металл полностью заполняет капиллярный канал и частично камеры большого сечения, оставляя свободный от жидкого металла объем. По бокам расположены демпфирующие сильфоны, обеспечивающие прокачку жидкого металла. Принципиальная схема такого токоограничителя представлена на рисунке 1.

Во время нормальной работы токоограничитель действует как проводник и поэтому не оказывает существенного воздействия на распределительную систему. В токоограничивающем состоянии он фактически вставляет в цепь высокое сопротивление, а именно большое сопротивление паров жидкого металла, сильно ограничивающее величину тока короткого замыкания, протекающего через него.

Рассмотрим более подробно процессы, которые происходят в токоограничителе при пиковых значениях тока. Итак, при увеличении тока до величины тока среза токоограничителя жидкий металл в ка пиллярном канале испаряется, пары металла проходят через объем жидкого металла в полостях большого сечения, охлаждаются и конденсируются. Возникающие при этом дуги отключения в капиллярном канале имеют опорные пятна на жидком металле в полостях большого сечения. Изоляционные поверхности полостей и канала соприкасаются с жидким металлом, являясь хорошим теплоносителем, интенсивно отводят поток тепловой энергии, что уменьшает эрозию каналов, и, следовательно, увеличивает ресурс работы аппарата и позволяет достичь более стабильной величины тока среза. Возникающая в капиллярном канале дуга гасится за счет превышения суммы приэлектродных падений напряжений дуг над напряжением источника.

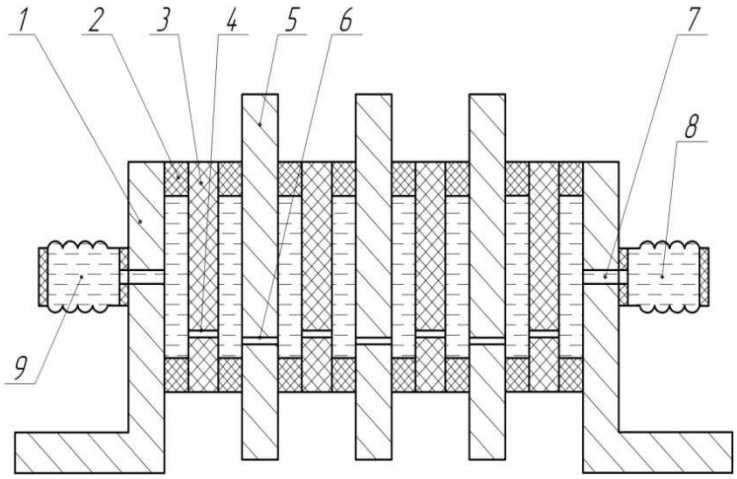


Рис. 1. Принципиальная схема токоограничителя: 1 - твердометаллические электроды, 2 - герметизирующие шайбы, 3 - керамические изоляционные пластины, 4 - отверстия капиллярного сечения, 5 - медные проводящие пластины, 6,7 - сквозные отверстия, 8,9 - демпфирующие сильфоны.

За счет разброса времени испарения жидкого металла в каналах диафрагм ток плавно спадает, что приводит к малым перенапряжениям. Наличие свободных объемов, не занятых жидким металлом в полостях большего сечения, позволяет значительно снизить уровень давления в межэлектродных каналах токоограничителя. Это повышает надежность его работы и позволяет использовать для их изготовления обычные электротехнические изоляционные материалы (кордиерит, асбоцемент, текстолит и др.). [1, с.17-18]

Выбор жидкого металла проводился по следующим критериям: температура плавления и кипения, удельная теплоемкость и теплота парообразования, теплопроводность и электрическая проводимость, токсичность и химическая активность. Впервые в качестве жидкометаллического токопровода была использована ртуть. Однако пары ртути обладают значительной токсичностью, что и послужило причиной от нее отказаться. Галлий и его сплавы выгодно отличаются от других металлов тем, что они нетоксичны и находятся в жидком состоянии в широком диапазоне температур. Наиболее распространен эвтетический сплав галлий-индий-олово. Сплав серебристого цвета, в котором процентное содержание по массе 67% галлий, 20,5% индий, 12,5% олово. Основные характеристики этого сплава: температура плавления 10,5 ◦С, температура кипения 2000 ◦С, плотность при 20 ◦С – $6{,}397 \cdot 10^3$ кг/м^3, удельное электрическое сопротивление при 25 ◦С – $3{,}06 \cdot 10^{-7}$ Ом·м, коэффициент расширения сплава при затвердевании +1,38%. Ко всему прочему расчеты показали, что эвтектический сплав галлий-индий-олово обеспечивает более чем шестикратное увеличение номинального тока токоограничителя, по сравнению с ртутью. Поэтому в качестве жидкого металла был выбран сплав Ga(67%)-In(20,5%)-Sn(12,5%).

Для исследования факторов влияющих на величину номинального тока токоограничителя был изготовлен ряд специальных макетных образцов. По результатам экспериментов на макете токоограничителя получены зависимости номинального тока аппарата от объема жидкого металла в токоограничивающем канале. Значение номинального тока практически линейно зависит от величины объема жидкого металла в токоограничивающем канале. Выявлено, что для увеличения величины номинального тока токоограничителя необходимо увеличивать диаметр токоограничивающего канала при неизменной его длине. [2]

Список литературы:

1. Кулаков П.А., Новиков О.Я., Приходченко В.И. Танаев В.В. Сильноточные предохранители и коммутаторы с жидкометаллическими контактами: учеб.пособие. М.: Информэлектро, 1984. – 52 с.
2. Воронин А.А., Ерофеев И.Р., Кулаков П.А., Серпуховитин М.Е. Экспериментальное исследование токоограничивающего аппарата с жидкометаллическими контактами // Материалы международной научно-практической конференции. Ульяновск, УлГТУ - 2012. Т.2. – С.306-308.

ФИЗИКО–МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ УДАРНЫХ ВОЛН В БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ АЭРОДРОМА ПРИ СИЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ КОЛЕСНЫХ ОПОР ВОЗДУШНЫХ СУДОВ САМОЛЕТОВ

Белых Антон Геннадьевич
Старший научный сотрудник, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
Кукарских Любовь Алексеевна
Кандидат физико-математических наук, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

DIFFUSION OF SHOCK WAVES IN AIRDROME CONCRETE SURFACE AT FORCE INFLUENCE WHEEL CRADLE OF AIRCRAFTS.

Belikh Anton Gennadievich, senior research fellow, Military Educational Research Centre of Air Force «Air Force Academy after professor N.E. Zhykovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh
Kukarskikh Liubov Alekseevna, candidate of Physico-Mathematical Science, Military Educational Research Centre of Air Force «Air Force Academy after professor N.E. Zhykovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh

АННОТАЦИЯ

Изучаются ударные упругие волны возникающие в бетонных покрытиях аэродрома под воздействием нагрузки от воздушных судов, покрытие представлено в виде пористой среды насыщенной газом. Показано, что в такой среде существует два типа продольных волн и одна поперечная, скорости которых зависят от коэффициентов пористой среды и от эффективных масс упругопластической фазы и газа.

ABSTRACT

Stadied the shock elastic waves arased in concrete airdrome surface under the load of aircrafts, surface saturated porous chscrede liquid with gas. Appear, that in this chsrede exist two tipes of longitudinal waves and one diametrical, the speeds of that depend from the coefficients of porous chsrede and of effect mass elastoplastic fase and gas.

Ключевые слова: бетонное покрытие, ударная волна, пластичность.
Keywords: concrete surface, shock wave, plasticity.

Главным элементом аэропорта является аэродром, от состояния которого и, в первую очередь, от состояния покрытия взлетно-посадочных полос зависит безопасность выполнения взлетно-посадочных операций и регулярность полетов.

Многолетний анализ состояния аэродромных покрытий взлетно-посадочных полос, рулежных дорожек, мест стоянок, показывает, что срок службы их намного меньше нормативного и что они подвергаются разрушению раньше установленного срока службы.

Из сказанного выше следует, что в настоящее время по-прежнему актуальна проблема повышения надежности и долговечности аэродромных покрытий и ее решение связано с расширением научных исследований по данной тематике. Авторами высказано предположение, что аналитическое исследование механизмов распространения ударных волн в материале аэродромного покрытия при силовом воздействии воздушных судов будет в значительной степени способствовать решению проблемы диагностики текущего эксплуатационного их состояния и в последующем прогнозированию остаточного ресурса безотказной работы.

Особое, самое существенное влияние на аэродромные покрытия оказывают механические нагрузки, которые обусловлены непосредственным воздействием шасси воздушных судов на покрытие. Они представлены вертикальными (взлет, посадка, руление и стоянка) и горизонтальными (торможением) нагрузками. Механические нагрузки имеют высокую степень определенности и являются основными исходными параметрами при проектировании аэродромных покрытий.

Аэродромные покрытия в процессе эксплуатации должны выдерживать без разрушения следующий комплекс силовых воздействий, влияющих на напряженно-деформированное состояние их конструктивных элементов:

Во-первых, нагрузки, формирующиеся при взлете, посадке, рулении и стоянке летательных аппаратов, эти статические расчетные нагрузки соответствуют полному взлетному весу самолетов расчетного типа. Во-вторых, динамические воздействия, обусловленные нерасчетными условиями посадки, приводят к ударам и формированию локальных разрушений. В третьих, нагрузки, возникающие при движении транспортных и специальных машин.

В данной статье рассматриваются динамические нагрузки, возникающие при ударе колесных опор воздушного судна о бетонное покрытие аэродрома, как оказывающие наибольшее влияние на процессы образования локальных трещин и последующего разрушения покрытия. При таком воздействии в материале покрытия возникают и распространяются ударные волны, характеристики которых косвенно отражают изменения физико-механических характеристик материала аэродромного покрытия.

Покрытие взлетной полосы аэродрома представляет собой двухкомпонентную пористую среду, насыщенную газом. Динамическую проницаемость упругой и газообразной фаз представим как движение газа в деформируемой пористой среде, в которой перемещения фаз непрерывны, а скорости перемещения фаз претерпевают разрыв. Физико-механические характеристики пористой среды постоянны. Среда перед фронтом волны находится в недеформированном состоянии.

Деформации фаз полагаем малыми и для упругопластической фазы представим в виде суммы упругих и пластических [3, с. 111]

$$e_{ij}^{(1)} = e_{ij}^{(1)e} + e_{ij}^{(1)p} \quad (1)$$

Тензор деформаций связан с тензором напряжений обобщенным законом Гука [1, с. 170; 2, с. 1116; 4, с. 123]

$$T_{ij} = Le_{kk}^{(1)e}\delta_{ij} + 2\mu e_{ij}^{(1)e} + Qe_{kk}^{(2)}\delta_{ij} \ , \quad (2)$$

а сила, действующая на газ, отнесенная к единице площади поперечного сечения пористой среды равна [1, с. 170; 2, с. 1116; 4 с. 123]

$$N = Qe_{kk}^{(1)e} + R\,e_{kk}^{(2)} \ , \quad (3)$$

где m – пористость; a – дополнительный параметр, характеризирующий упругие свойства пористой среды $a = 1 - m$; R_0 – модуль сжимаемости газа; L – обозначение $L = \lambda + (a^2/m)R_0$; λ, μ – коэффициенты Ламе пористого скелета с пустыми порами; Q – коэффициент, учитывающий пористость среды $Q = aR_0$; R – коэффициент, учитывающий сжимаемость газа (воздуха) $R = mR_0$; K – модуль всестороннего сжатия пористого скелета с пустыми порами (показывает связь между λ и μ) $K = \lambda + \frac{2}{3}\mu$; δ_{ij} – символ Кронекера. Для пор, заполненных газом, имеет место соотношение $R_0 \le K \le K_0$, K_0 – истинный модуль сжимаемости твердой фазы.

Индекс 1, стоящий вверху, относится к твердой фазе, индекс 2 – к газу. По повторяющимся индексам предполагается суммирование от единицы до трех.

Из (1) $e_{ij}^{(1)e}$ подставляем в (2) и (3), получим

$$T_{ij} = L(e_{kk}^{(1)} - e_{kk}^{(1)p})\delta_{ij} + 2\mu(e_{ij}^{(1)} - e_{ij}^{(1)p}) + Qe_{kk}^{(2)}\delta_{ij} \quad (4)$$

$$N = Q \cdot e_{kk}^{(1)} + R \cdot e_{kk}^{(2)}$$

Упругие деформации определяются формулами Коши [3, с. 111]

$$e_{ij}^{(1)} = \frac{1}{2}\left(U_{i,j}^{(1)} + U_{j,i}^{(1)}\right), \ e_{kk}^{(2)} = U_{k,k}^{(2)} \ , \quad (5)$$

где $\vec{U}^{(1)}$ – вектор смещения упругопластической фазы, $\vec{U}^{(2)}$ – вектор смещения газа.

Соотношения (5) подставляем в (4). Полученные выражения записываем в разрывах и подставляем в уравнения для динамических соотношений.

Динамические соотношения [3, с. 77]:

$$[T_{ij}]\nu_j = -\rho_{11}c[V_i^{(1)}] - \rho_{12}c[V_i^{(2)}] \quad (6)$$

$$[N]\nu_i = -\rho_{12}c[V_i^{(1)}] - \rho_{22}c[V_i^{(2)}] \ ,$$

где ν_i – координаты единичного вектора, направленного в невозмущенную часть пористой среды; c – скорость движения волновой поверхности; $V_i^{(\alpha)}$, $(\alpha = 1,2)$ – компоненты скорости перемещения фаз; ρ_{11}, ρ_{22} – эффективные плотности упругопластической и газообразной фаз, $\rho_{11} = \rho_1 - \rho_{12}$, $\rho_{22} = \rho_2 - \rho_{12}$; ρ_{12} – динамической коэффициент связи упругопластической фазы и газообразной, ρ_1, ρ_2 – плотность упругопластической фазы и газа. Скобки [ ] обозначают разность значений величин на задней и передней сторонах поверхности разрыва.

В результате получим

$$L[U_{k,k}^{(1)}]\nu_i + \mu([U_{i,j}^{(1)}] + [U_{j,i}^{(1)}])\nu_j + Q[U_{k,k}^{(2)}]\nu_i = -\rho_{11}c[V_i^{(1)}] - \rho_{12}c[V_i^{(2)}] \quad (7)$$

$$Q[U_{k,k}^{(1)}]\nu_i + R[U_{k,k}^{(2)}]\nu_i = -\rho_{12}c[V_i^{(1)}] - \rho_{22}c[V_i^{(2)}]$$

Применим к полученным выражениям (7) геометрические и кинематические условия совместности первого порядка [5, с. 54-57]

$$[\frac{\partial U_i^{(\alpha)}}{\partial x_j}] = [U_{i,j}^{(\alpha)}] = \omega_i^{(\alpha)}\nu_j \ , \ [\frac{\partial U_i^{(\alpha)}}{\partial t}] = [V_i^{(\alpha)}] = -c\omega_i^{(\alpha)} \ ,$$

$$[\frac{\partial U_i^{\alpha}}{\partial x_j}] = [U_{i,j}^{(\alpha)}] = -\frac{[V_i^{(\alpha)}]}{c}\nu_j \ , \quad (8)$$

где α =1,2; $\omega_i^{(\alpha)}$ – величины, характеризующие скачки первых производных скоростей перемещений фаз.

Итак, применяя к (1) – (3) и (5) математическую теорию разрывов, геометрические и кинематические условия совместности первого порядка (8), получим систему уравнений для определения скорости распространения волн в двухкомпонентной упругопластической пористой среде

$$(L + \mu)\omega_j^{(1)}\nu_j + \mu\omega_i^{(1)}\nu_i + Q\omega_j^{(2)}\nu_j - \rho_{11}c^2\omega_i^{(1)}\nu_i - \rho_{12}c^2\omega_i^{(2)}\nu_i = 0$$

$$Q\omega_j^{(1)}\nu_j + R\omega_j^{(2)}\nu_j - \rho_{12}c^2\omega_i^{(1)}\nu_i - \rho_{22}c^2\omega_i^{(2)}\nu_i = 0 \quad (9)$$

Решая систему уравнений (9) в рамках предположения, что на волновой поверхности $\omega_j^{(\alpha)}\nu_j = \omega_\alpha \neq 0$ ($\omega_i^{(\alpha)}\nu_i = \omega_\alpha$, $\alpha = 1,2$), получим однородную систему уравнений относительно ω_α

$$(L + 2\mu - \rho_{11}c^2)\omega_1 + (Q - \rho_{12}c^2)\omega_2 = 0$$
$$(Q - \rho_{12}c^2)\omega_1 + (R - \rho_{22}c^2)\omega_2 = 0 \quad (10)$$

Из системы (10) следует, что в двухкомпонентной упругопластической пористой среде распространяются два типа продольных волн, скорости которых определяются формулами

$$c_{1,2}^2 = \frac{f_2 \pm \sqrt{f_2^2 - 4f_1f_3}}{2f_1} \quad (11)$$

$$f_1 = \rho_{11}\rho_{22} - \rho_{12}^2,\ f_2 = R\rho_{11} + (L + 2\mu)\rho_{22} - 2Q\rho_{12},\ f_3 = R(L + 2\mu) - Q^2$$

Если ρ_{12}=0 и Q=0, то есть, связь между упругопластической и газообразной фазами отсутствует, то получим квадратичное уравнение

$$c^4\rho_{11}\rho_{22} - c^2(R\rho_{11} + \rho_{22}(L + 2\mu)) + R(L + 2\mu) = 0 \quad (12)$$

Отсюда

$$c_1 = \sqrt{\frac{L + 2\mu}{\rho_{11}}} = \sqrt{\frac{L + 2\mu}{\rho_1}}\ ,\ \rho_{11} = \rho_1 - \rho_{12} \quad (13)$$

и

$$c_2 = \sqrt{\frac{R}{\rho_{22}}} = \sqrt{\frac{R}{\rho_2}}\ ,\ \rho_{22} = \rho_2 - \rho_{12} \quad (14)$$

При отсутствии динамической связи между фазами скорости продольных волн двух типов (13, 14) равны скоростям волн, распространяющихся отдельно в сплошной упругопластической и сплошной газообразной фазах.

Скорость поперечной волны определим из (9) при условии, что на поверхности $\omega_i^{(1)}\nu_i = 0$, $\omega_i^{(2)}\nu_i = 0$ и не все $\omega_i^{(\alpha)}$ (α =1,2) равны нулю одновременно

$$c_p = \sqrt{\frac{\mu\rho_{22}}{\rho_{11}\rho_{22} - \rho_{12}^2}} = \sqrt{\frac{\mu\rho_{22}}{f_1}} \quad (15)$$

Из (15) следует, что в рассматриваемой среде распространяется одна поперечная волна со скоростью c_p.

Если $\rho_{12} = 0$, то в рассматриваемой среде поперечная волна распространяется только в упругопластической фазе, скорость которой определяется формулой

$$c_p = \sqrt{\frac{\mu\rho_{22}}{\rho_{11}\rho_{22}}} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho_{11}}} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho_1}} \quad (16)$$

Итак, в упругопластической насыщенной газом пористой среде распространяются два типа продольных волн и одна поперечная волна. При отсутствии динамической связи между фазами скорости распространения продольных волн равны скоростям волн, распространяющихся отдельно в сплошных упругопластической и газообразной фазах, а поперечная волна распространяется только в первой фазе, скорость которой определяется по формуле (16).

Как было сказано выше, скорости прохождения ударных продольных и поперечных волн в цементобетоне при воздействии силового нагружения косвенно связаны с его физико-механическими характеристиками (коэффициент Пуассона, модуль Юнга, прочность на растяжение и сжатие и т.д), которые в свою очередь зависят и от его состава. Современные требования, предъявляемые к бетону, как наиболее широко применяемому строительному материалу, определяют необходимость разработки физически и математически обоснованной теории процессов его разрушения в различных условиях эксплуатации. Большое значение приобретают явления образования, распространения трещин при действии нагрузок и окружающей среды. Исследование причин возникновения разрушения бетона, а также характера развития процесса создает физическую основу для установления максимально допустимых механических нагрузок на конструкции. Все это дает возможность рационального подбора материала с высокими эксплуатационными параметрами и соответственно увеличивает срок службы.

Список литературы:

1. Biot M.A. Theory of elastic waves in a fluid-saturated porous solid. J.Acoust. Soc. America, V. 28, №2, 1959. – P.168-178.
2. Косачевский Л.Я. О распространении упругих волн в двухкомпонентных средах. ПММ. – 1959. – Т.23. – Вып.6, 1959. – с.1115-1123.
3. Быковцев Г.И., Вервейко Н.Д. О распространении волн в упруго-вязко-пластической среде. Москва: Изв. АН СССР. МТТ.– 1966. – №4. – с. 111-123.
4. Кукарских Л.А., Артемов М.А. Моделирование волновых процессов в пористой среде. // Вестник ВГТУ Физико-математическое моделирование. – 2013. – № 2(9) – с. 123-127.

5. Томас Т. Пластическое течение и разрушение в твердых телах. М.: Мир, 1964. – 308 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ЧЕШУИ РЫБЫ КУТУМА АТОМНО- СИЛОВОМ МИКРОСКОПОМ

Годжаев Эльдар Мехрали оглы
Зав каф. Физики и НИЛ «Физика и техника наноструктур», Азербайджанского технического университета, д.ф.м.н.,проф., заслуженный деятель науки Азербайджанской республики
Алиева Шарафханум Вагиф кызы.
Старший лаборант НИЛ «Физика и техника наноструктур», Азербайджанского технического университета
Кахраманов Самир Шамиль оглы
Старший научный сотрудник НИЛ «Физика и техника наноструктур», Азербайджанского технического университета
Мусаев Тахир Паша оглы
Кандидат технических наук, доцент кафедры физики Азербайджанского технического университета

INVESTIGATION THE SURFACE MICRORELIEF OF FISH SCALES OF KUTUM ATOMIC FORCE MICROSCOPY.
Gojayev Eldar, Head of Department. Physics and laboratory "Physics and technology of nanostructures" Azerbaijan Technical University, d.ph.s.prof.Honored Scientist of Azerbaijan Republic
Alieva Sharafxanim, Senior laboratory assistant laboratory "Physics and technology of nanostructures", Azerbaijan Technical University
Kahramanov Samir, Senior researcher at the laboratory of "Physics and technology of nanostructures", Azerbaijan Technical University
Musayev Tahir, Cand.Tech. Sciences., assistant professor of physics Azerbaijan Technical University

РЕЗЮМЕ

В работе сообщается результаты исследования микрорельефа поверхности чещуи рыбы кутума атомно–силовом микроскопом. Исследованиями в 2Д и 3Д масштабах различные части поверхности чешуек рыбы ктума, выявлено, что чешуи боковой линии, содержащие каналы заполнено жидкостю специфического состава. В стенках каналов проходят нервные окончания по которым передается сигналы из окружаюший среды. Основными механорецепторными единицами органов боковой линии является нейромасты содержащие чувствительных волосковых клеток. На этих клетках нейромастов заканчивается разветвления эфферентных нервных волокон.

ABSTRACT

The paper reports results of a study of surface microrelief fish scales of Kutum with atomic - force microscopy. Studies in 2D and 3D scale different parts of the surface of the fish flakes Kutum, revealed that the scales of the lateral line canals are filled with fluid containing specific composition. In the walls of the channels passing the nerves that carry signals from the environment. The main mechanoreceptor units of the lateral line is neyromasty that contain the sensitivity of hair cells. On these cells of neyromasty ends branching efferent nerve fibers.

Ключевые слова: микрорельеф поверхности, чешуи рыбы кутума, нейромасты, чувствительных волосковых клеток, АСМ.

Key words: surface microrelief, the fish scales of Kutum, neyromasty, sensitive hair cells, AFM.

ВВЕДЕНИЕ

Удельная поверхность рыбы, т.е. отношения поверхности рыбы ее объему важно к процессах формирования физики поверхностных явлений, влияющих на жизнедеятельность рыб. Чем выше этот показатель, тем быстрее происходят охлаждение, замораживание, просаливание и прогревание рыбы. Общеизвестно, что величина удельной поверхности зависит от формы тела рыбы: чешуй, плавников, головы, распределения сенсорных систем на чешуях [1]. Основная функция чешуи не только –защитная. На чешуе имеются годовые кольца, по которым можно определить возраст рыбы. Жаберные крышки защищают жабры, маскирующая окраска тела –темная спинная сторона и более светлая –брюшная; кожа покрыта чешуей, слизью –защищают тело и препятствуют трению в воде; наличие плавников –непарных (препятствуют вращению рыбы вокруг своей оси, осуществляют поступательное движение и функцию руля), а парные плавники -обеспечивают поддержание равновесия и повороты; боковая линия –обеспечивает чувствительность направления и скорость течения воды; работе органов чувств; наличие жаберных крышек, участвующих в дыхании рыб.

Кожа рыб защищает организм от вредных влияний окружающей среды, участвует в обмене веществ. Через нее выделяются и всасываются соли, кислород, вода и другие вещества. На коже расположены нервные окончания, благодаря чему она может выполнять функцию чувствительных органов.

Известно, что для объектов, обладающих способностью бесконечно повторять собственную структуру, на микроуровне вводится специальное название — фракталы [2]. Главной особенностью этого класса является самоподобная иерархическая организационная структура. Самоподобие подразумевает, что внешняя —наблюдаемая форма изучаемого объекта или явления, представленная в графическом виде, включает в себя большое количество копий, исполненных по одному и тому же замыслу. Такие копии могут быть последовательно обнаружены в любой точке фрактальной кривой или поверхности при уменьшении масштаба представления. Геометрические модели фракталов часто ассоциируются с утонченным узором, проявляя удивительную изощренность в построении простых и сложных объектов. Простейший математический прототип фрактала — непрерывная, но бесконечно изрезанная линия, заданная некоторой функцией, не имеющая, ни в одной точке производной. Фрактальной топологией могут обладать объекты, находящиеся как в обычном геометрическом, так и функциональном пространстве. Такое

представление оказывается чрезвычайно важным, когда рассматривается некоторое состояние системы, например, биологической. Понятно, что в первом случае исследуются фрактальные поверхности и контуры, а во втором — фрактальные распределения фазовых точек и траекторий, характеризующих функциональное состояние системы. Для биологических систем оказывается полезным исследование фрактальных свойств временных реализаций, которые могут быть представлены различными данными, полученными в результате физиологических исследований.

Таким образом, можно провести ряд экспериментов по электронной микроскопии поверхности кожи живых существ в том число и рыбы кутума и получить ценные научные информации.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве устройства был использован атомно- силовой микроскоп (АСМ) [3]. АСМ зондируют поверхность образца острой иглой длиной 1-2 мкм и диаметром обычно не более 10 нм. Игла устанавливается на свободном конце измерительной консоли.

Основной принцип работы АСМ заключается в воздействии сил со стороны поверхности образца на острие сканирующей иглы. Сила, которая чаще всего ассоциируется с АСМ, -это межатомная сила, называемая также Вандер-Ваальсовой.

Для контактного АСМ отталкивающая межатомная сила должна быть уравновешена другими усилиями. Это происходит благодаря наличию двух сил- капиллярной и консольной. Капиллярная сила-это воздействие на острие сканирующей иглы со стороны тонкого слоя влаги, обычно присутствующего на поверхностях рыб.

Воздействие со стороны самой измерительной консоли подобно усилию в сжатой пружине. Нами был использован безконтактный режим работы микроскопа. Величина и знак (отталкивающая или притягивающая)“консольной”силы зависит от отклонения консоли ее константы упругости. Сила, прилагаемая измерительной консолью контактного АСМ, в отличие от капиллярной является переменной. Методом АСМ были изучены поверхности рыб в 2Д-3Д-масштабах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Морфология поверхности и АСМ- изображения кутума даны на рис.1-2. Основная функция чешуи не только защитная. На чешуе имеются годовые кольца, по которым можно определить возраст рыбы (рис.1б). Жаберные крышки защищают жабры. Кожа покрыта чешуей, слизью –защищают тело и препятствуют трению в воде; наличие плавников –непарных (препятствуют вращению рыбы вокруг своей оси, осуществляют поступательное движение), а парные плавники -обеспечивают поддержание равновесия и повороты; боковая линия –обеспечивает чувствительность направления и скорость течения воды.

Кожа рыб защищает организм от вредных влияний окружающей среды, участвует в обмене веществ. Через нее выделяются и всасываются соли, кислород, вода и другие вещества. На коже расположены нервные окончания, благодаря чему она может выполнять функцию чувствительных органов.

Поверхность наружного слоя чешуйки имеют различные размеры в зависимости от места расположения. Анализ показывает что, эти структурные макрообразования самоподобны, причем носят фрактальный характер.

На нижней части эпидермиса (наружного слоя чешуи) расположены колбовидные клетки, способные выделять много слизи. Слизь уменьшает трение тела об воду, предотвращает проникновение бактерий, паразитов, способствует свертыванию крови. Этому способствует фрактальность чешуй и всей поверхности рыб.

Боковая линия рыб представляет собой некий канал, который проходит вдоль всего хребта, начинается он от самой головы и заканчивается только у хвоста. Весь он состоит из массы чувствительных датчиков, которые соединены с внешними рецепторми, расположенными на чешуе и нервными окончаниями самой рыбы (рис.2а). Чувствительные клетки рецепторов органов боковой линии могут образовывать изолированные кластеры в коже (у круглоротых и земноводных), но чаще они обнаруживаются через некоторые промежутки в желобках или каналах головы и тела. Каналы могут представлять собой полностью замкнутые углубления в коже или иметь форму открытых фрактальных желобков. Часть рецепторов боковой линии преобразовываются в электрорецепторы и могут улавливать электрические колебания окружающей среды. Некоторые представители ракообразных и головоногих имеют схожие органы с фрактальным самоподобным характером.

Каждая пунктирная боковая линия представляет собой канал или борозду, заполненную слизью, чему способствует пористый и фрактальный характер морфологии боковой линии. Чувствительные клетки боковой линии собраны в почкообразные группы и спрятаны в каналы, которые омываются водой.

Тела чувствительных клеток содержат волосок, который при воздействии воды на слизь в канале сгибается и посылает сигнал в слуховой центр рыбы. Невромасты органов боковой линии густо покрывают голову и боковую поверхность у медленно плавающих придонных рыб. Они позволяют рыбе воспринимать детальную картину струйных течений, узнавать о направлении пробега волн.

Возраст рыб можно определить по количеству концентрических колец на чешуе. Для определения возраста обычно используется чешуя с участка у основания первого спинного плавника. Чешую промывают в растворе нашатыря, протирают, зажимают между двумя предметными стеклами и просматривают под лупой или при малом увеличении микроскопа.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Морфология поверхности чешуи каспийского Кутума даны на рис.1а Вертикальными линиями исходящими из центра чешуи отмечены наноборозднки (каналы) в которые погружены жидкости специального состава. В глубине этих каналов проходят нервные окончания по которым передаются различные сигналы. На рис.1б даны снимки годичных колец на поверхности чешуи рыбы –кутума. На рис.2 были рассмотрены АСМ фрагменты нанораспределений вокруг годичных колец рыбы –Кутум. Отчетливо видны некоторые характерные особенности морфологии: рост чешуек начинается с центрального зародыша, с каждым годом образуются новые кольца, аналогичные годовым кольцам на срезе спиленного дерева. Динамику роста поверхности в зоне можно рассматривать как частный случай модели агрегации Идена, пригодную для описания роста поверхности для биологических систем. Линии простирающиеся из центра к краям могут быть описаны моделью Виттена –Сандера [4]. Активная поверхность в процессе роста линий на ней подобных при

описании молний по Виттену –Сандру имеет совершенно иную структуру, чем в модели Идена [5].

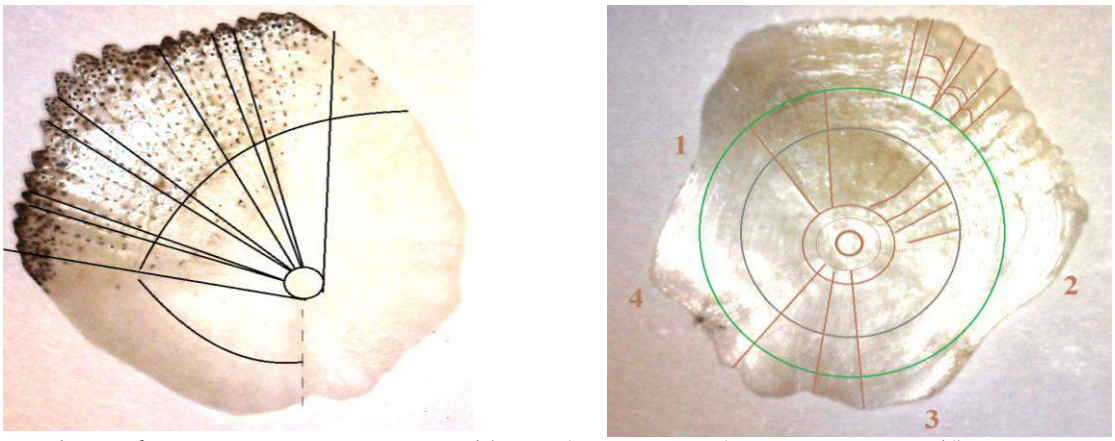


Рис.1. Морфология поверхности чешуи (а), с выделенными годовыми кольцами (б) каспийского Кутума.

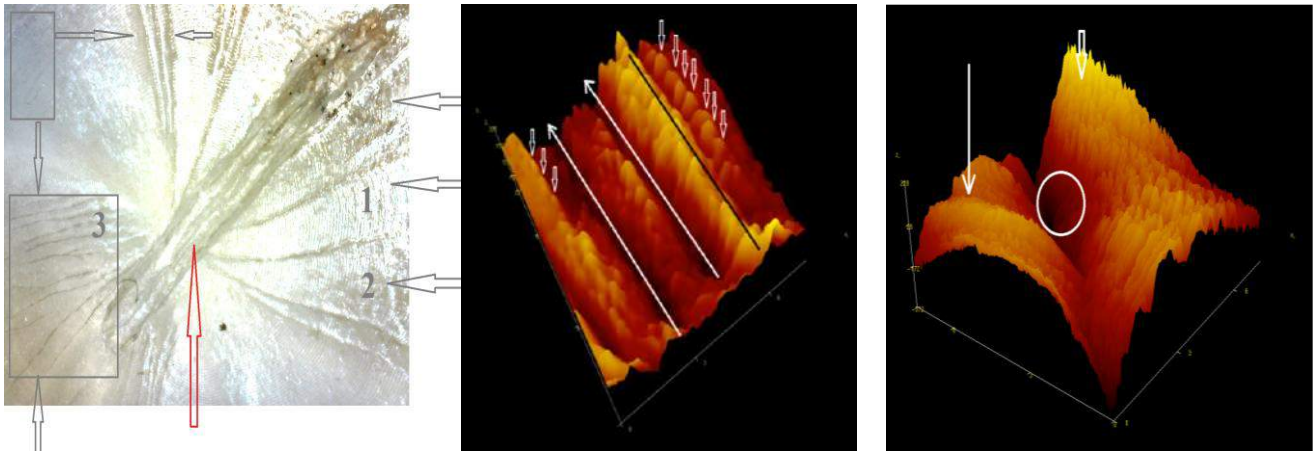


Рис. 2. Морфология центральной части боковой поверхности чешуи Кутума (а), Фрагмент АСМ –изображения в 3D – масштабе поверхности чешуи Кутума (б)

Это различие отражает существенную роль диффузии и проявляется в том, что кластеры в модели Виттена – Сандера внешне выглядят как фракталы. Ансамбли частиц агрегируя образуют более крупные объекты с сильно разветвленной волокнистой структурой, при этом образуются нитевидные струйки (рис.2а). Как видим из этих рисунок кластеры различных размеров “кодированы” различными цветами и более компактны (хотя остаются фракталами). Каждый из представленных рисунков представляет определенный интерес как физические фракталы. Главную роль на поверхности рыбы в информационной передаче, играет чешуя. Чешуя кутума пронизана отверстиями, ведущие вглубь кожи. Под ними тянется канал, который продолжается на голове и разветвляется там вокруг глаз и ротового отверстия. На голове каналы разветвленные, проходят внутри костей и имеют выходы наружу.

В представленных фрагментах АСМ –изображениях (рис.2б) видны органы боковой линии проходящие по наружной поверхности чешуи, это: отверстия боковой линии в чешуе, продольный канал боковой линии, чувствительные клетки, нервы. Отдельные нановостровки отмечены вертикальными линиями. Черной линией отмечены агрегированные нанообразования. Как считают, ихтиологи важным признаком является количество чешуек в боковой линии рыб. На рис 2в дано фрагмент АСМ –изображения в 3D –масштабе поверхности чешуи каспийского кутума. В центре имеется нанопора, выделенная кругом, по краям вертикальными стрелками отмечены нановыступы. Чешуи боковой линии, содержащие каналы заполняются жидкостью специфического ионного состава. В стенках каналов как уже мы отметили, проходят нервные окончания, по которым передаются сигналы из окружающей среды. Основными механорецепторными единицами органов боковой линии является нейромасты, каждый из которой содержит несколько чувствительных волосковых клеток. Эти волосковые клетки подобные сенсорным клеткам органов слуха. На рецепторных клетках нейромастов заканчиваются разветвления эфферентных нервных волокон. Раздражителями рецепторов служат потоки воды и низкочастотные колебания среды. Однако здесь многие проблемы остаются еще неизученными.

ВЫВОДЫ

Анализ морфологии почти всех частей поверхности рыб показал, что они носят фрактальный характер. Фрактальный характер присущ скелету рыб, мышцам,

чешуям и динамике движения всех рыб. Причем расположение чешуй не только самоподобно, но и фрактально. Оценить эту фрактальность не представляет труда. Об этом свидетельствуют почти все морфологические особенности рыбы - Кутум данных на рисунках 1-2.

О фрактальном характере объектов на поверхности живых существ говорит и рассмотрение живых организмов как диссипативных структур принципы, по которым регулировалась и динамика разворотов с помощью плавников. Есть предположения, что чувствительные клетки органов боковой линии могут образовывать кластеры. Эти особенности подробно рассмотрены на чешуе Каспийского Кутума [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Наумов С. П. // Зоология позвоночных. — М.: Просвещение, 1982. — 464 с.
2. 2.Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002, 656 с.
3. 3.Суслов А.А., Чижик С.А..//Сканирующие зондовые микроскопы (обзор)// Материалы, Технологии, Инструменты – Т.2 (1997), №, с.78-79
4. 4.Кольб М., Процессы агрегации, Фракталы в Физике // Труды VI международного симпозиума по фракталам в физике, Италия, июль, 1985, с. 370 -373
5. 5.Смирков Б.М., Физика фрактальных кластеров //, Изд. Москва “Наука”,1991, с.134)
6. 6.Godzhaev Eldar., Abasov Abbasali., Aliyeva Sharafkxanim.,Charuxcev David. // The Surface Fractal Structure of Fish Scales, open Journal of İnorganic Non- Metallic Materials, 2014, 4,7-11.

СТРУКТУРА И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ $InGaTe_2$

Годжаев Эльдар Мехрали оглы

Зав каф. Физики и НИЛ «Физика и техника наноструктур»Азербайджанского технического университета, д.ф.м.н,.проф,.Заслуженный деятель науки Азербайджанской Республики

Абдурахманова Улькер Сардар кызы

докторант кафедры физики Азербайджанского технического университета

Мамедова Сурая Иса кызы

к.ф.м.н,. Ст.н.сотр. НИЛ «Физика и техника наноструктур» Азербайджанского технического университета

THE STRUCTURE AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE COMPOUNDS $InGaTe_2$

Gojaev Eldar, Head of Department. Physics and laboratory "Physics and technology of nanostructures" AzTU, d.ph.s.prof.Honored Scientist of Azerbaijan Republic

Abdurahmanova Ulker, doctorant in Physics department at AzTU

Mammadova Suraya, Ph.doc.employee NEIL "Physics and technology of nanostructures" AzTU

АННОТАЦИЯ

В работе рентгенофазовым анализом определены параметры решетки $InGaTe_2$*, с использованием метода псевдопотенциала вычислены зонная структура и оптические функции, определены происхождения валентной зоны и зоны проводимости данного соединения. Исследовались вольтамперные характеристики в динамическом и статическом режимах и выявлено, что* $InGaTe_2$ *обладает переключающими свойствами с памятью.*

ABSTRACT

In this paper, by X-ray diffraction lattice parameters of $InGaTe_2$ *has been determined, using the pseudopotential method has been calculated band structure and optical functions, to determine the origin of the valence band and the conduction band of compound. We investigated the current-voltage characteristics in dynamic and static modes and found that it has the switching properties of memory.*

Ключевые слова: соединения $InGaTe_2$*, рентгенофазовый анализ, метод псевдопотенциала, зонная структура, оптические функции, эффект переключения.*

Keywords: Compound $InGaTe_2$*, X-ray analysis, the pseudopotential method, the band structure and optical functions, the switching effect.*

ВВЕДЕНИЕ

В подледные годы интенсивно исследуются зонные структуры тройных соединений типа $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$. Исследованиями электрофизических, тепловых, оптических и фотоэлектрических свойств выявлено что эти соединения обладают высокими коэффициентами фото и тензочуствительностью, переключающими свойствами с памятью теллуриды и твердые растворы этих соединений являются перспективными термоэлектрическими материалами. В отличие от других структурных аналогов информации по исследованию свойств и структуры $InGaTe_2$ незначительны [1-8].

В свете вышеизложенного, целью настоящей работы является исследования структуры и вольт – амперный характеристик тройного соединения $InGaTe_2$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Соединение $InGaTe_2$ синтезировали сплавлением исходных компонентов, взятых в стехиометрическом соотношении в откачанных до 0,0133 Па и запаянных кварцевых ампулах.

Для синтеза $InGaTe_2$ использовали элементы чистотой In-ОСЧ, Ga- 99,996, Te-99,997%. Ампулы сперва

очищались смесью HF дистиллированной водой. После химической очистки эвакуированные до 0,0133 Па ампулы помещали в печь при 1000^0C на 24 часа, после чего охлаждали, наполняли высокоочищенными элементами. Для гомогенизации сплава смесь выдерживалась 24 часа при температуре 970^0C. Во время процесса синтеза ампулы часто вытряхивали с целью лучшего смешивания составных частей. Далее ампула с веществом со скоростью 1,33мм в час перемещалась из высокотемпературной зоны в зону кристаллизации с соответствующей температурой 700^0C. После охлаждения до комнатной температуры полученные кристаллы подвергались рентгенофазовому анализу. Рентгенофазовый анализ показало, что соединения $InGaTe_2$ кристаллизуется в тетрагональной сингонии с параметрами решетки a=8,463Å, c=6.981 Å. Эти величины хорошо согласуются с данными **[9]** a= 8,412 Å, c= 6,875 Å.

Вольтамперная характеристика была исследована на образцах прямоугольной формы размерами 7x1x1мм^3. Контактами служили In и Cu. ВАХ исследовались на постоянном току по стандартной методике.

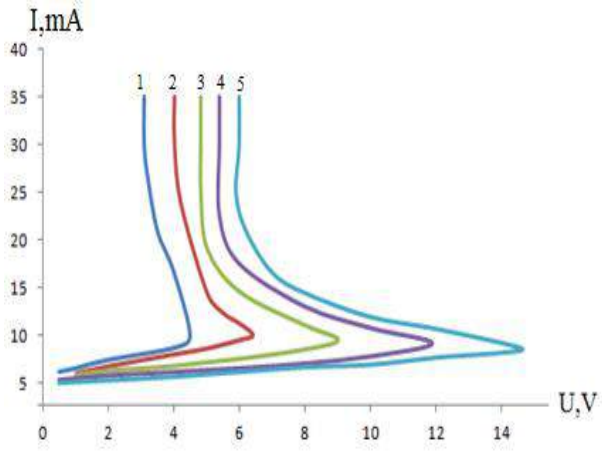


Рис.1Вольтамперные характеристики $InGaTe_2$ при различных температурах, где 1-350К, 2-300К, 3-250К,4-200К, 5-80К

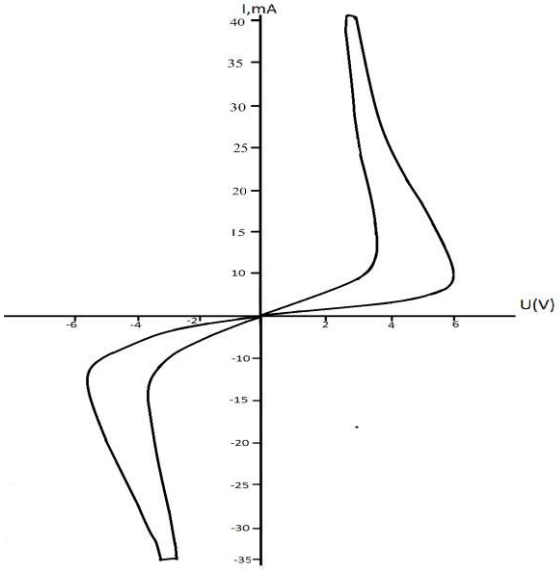


Рис.2. Вольтамперная характеристика пленки $InGaTe_2$ с толщиной 50 мкм в динамическом режиме

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты исследования вольтамперной характеристики (ВАХ) при статическом и динамическом режимах приводятся на рисунках 1,2. На рис.1 приводится ВАХ $InGaTe_2$ при статическом режиме при различных температурах. Вольтамперная характеристика $InGaTe_2$ измерялась при различных окружающих температурах, в интервале температур 80-350К. Как видно, при низких напряжениях I(U) зависимость является линейной и контакт является омическим.

С увеличением напряжения I(U) характеристика затухала и была строго нелинейной и S–образной формы. Выявлено, что в омической области температура образца остается постоянной, а в области отрицательного дифференциального сопротивления увеличивается до температуры T, обычно больше, чем окружающая температура. S–образная характеристика в области высоких токов с лучшей выраженной областью отрицательного сопротивления, становится впоследствии критическим током (пороговый ток). Часть отрицательного дифференциального сопротивления на кривой прибора более сильно выражена при низких окружающих температурах.

На рис. 2 приводится ВАХ тонкой пленки $InGaTe_2$ при комнатной температуре. Как следует из рис.2 тонкие пленки $InGaTe_2$ также обладает переключающими свойствами с памятью. Анализ полученных результатов показывает, что полученные результаты можно объяснить электротепловым механизмом [3].

Отметим, что наши экспериментальные результаты по исследованию ВАХ $InGaTe_2$ могут быть описаны электронно-тепловым процессом. Мы допускаем в первом приближении, что нить накала занимает весь образец. Эта модель была предложена в случае соединений $TlInX_2(X-Se,Te)$ и получила удовлетворительные результаты [9].

Использованием метода псевдопотенциала вычислена зонная структура и некоторые оптические функции $InGaTe_2$. В работах [10,11] метод псевдопотенциала обоснован с точки зрения теории рассеяния. Идея метода состоит в замене атомного потенциала внутри сферы радиусом R_M модельным потенциалом, обладающим точно теми же свойствами, что и истинный потенциал, по отношению к воздействию на внешнею частицу с энергией E

Известно, что расчеты энергетической зоны кристаллов составляют базис теоретического исследования физико-химических свойств материалов. В настоящей работе методом псевдопотенциала рассчитаны зонные структуры полупроводниковых соединений типа $A^{III}B^{III}X_2^{VI}$. Расчет электронного спектра соединений вышеуказанного типа был проведен методом функционала плотности, с помощью пакет программ ABINIT, использованием псевдопотенциалов Троиллера-Мартинса в базисе плоских волн. В разложении волновой функции использовались плоские волны с максимальной кинетической энергией 60 Ry. Параметры решетки определялись путем минимизации полной энергии, а параметры структуры оптимизировались с помощью сил Гельмана-Фейнмана. Процесс минимизации сил осуществлялся до тех

пор, пока модули сил $\left|\vec{F}\right|<3\ \frac{mRy}{a.u.}$. Для расчета зонной структуры $InGaTe_2$ оптимизированные параметры решетки a=8.3945 $\overset{0}{A}$, c=6.8352 $\overset{0}{A}$, параметры халькогена x=0.1730.Расчет электронного спектра $InGaTe_2$ проводился в симметричных точках Γ , T , N , P, а также по линиям, соединяющим эти точки. Результаты расчета зонной структуры приводятся на рис. 1.

Как видно из рисунка валентная зона $InGaTe_2$ состоит из трех подзон. Нижняя подзона состоящая из четырех зон, отдалена от остальных широким энергетическим зазором порядка ~6 эВ. Теоретико –групповой анализ показывает, что эти нижние валентные зоны расположенные около -10÷-11 эВ обязаны своим происхождением 5s-состояниям Te. Следующая группа из четырех валентных зон расположенная на энергетическом уровне около -5 эВ, происходит в основном из s-состояний атомов In и Ga. Оставшаяся большая группа из десяти зон шириной 5 эВ происходит из p -состояний атомов In, Ga и Te. В работе [3] где приведен рентгеновский фотоэмиссионный спектр $InGaTe_2$, выявлено что фотоэмиссионный спектр состоит из трех ярко выраженных областей. Эти авторы приписывают пик при -11.5 эВ к 5s –состояниям Te , пик около -4 эВ к Ga-Te связям, а комплекс особенностей около -5÷0 эВ к Ga-Ga и Ga-Te связям, что хорошо согласуется с нашим расчетом зонного спектра и теоретико-групповым анализом.

Ширина запрещенной зоны из наших расчетов получается 0.56 эВ.

Оптические функции $InGaTe_2$ были рассчитаны по известной методике приведенной в [7]. При определении спектральной зависимости мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости мы использовали соотношение:

$$\varepsilon_i(E)=\frac{N}{E^2}\sum_{k\in BZ}\sum_{v_i c}\left|\mathbf{e}\cdot\mathbf{M}_{cv}(\mathbf{k})\right|^2\delta\left(E_c(\mathbf{k})-E_v(\mathbf{k})-E\right), \quad (1)$$

здесь $\mathbf{e}\cdot\mathbf{M}_{cv}(\mathbf{k})=\mathbf{e}\cdot\int\psi^*_{ck}(\mathbf{r})(-i\hbar\nabla)\psi_{vk}(\mathbf{r})d^3r$, интеграл берется по объему элементарной ячейки кристалла, и обозначает матричный элемент оператора импульса $\mathbf{p}=-i\hbar\nabla$; индексы *v* и *c* нумеруют состояния валентной зоны и зоны проводимости, соответственно; **e** - единичный вектор поляризации. При суммировании по зоне Бриллюэна в (1) элементарная ячейка обратной решетки была разделена на 64 равных по объему частей, и в них случайным образом выбирались **k**- точки. Было взято всего около 3000 точек, в результате чего получилась плавная гистограмма. Постоянная N определяется из условия нормировки гистограммы $\int_0^\infty E\varepsilon_i(E)dE=\frac{\pi}{2\hbar^2}\omega_p^2=\frac{\pi}{2\hbar^2}\cdot\frac{4\pi n_e e^2}{m_e}$, где ω_p - плазменная частота для электронов; n_e - средняя плотность электронов в кристалле.

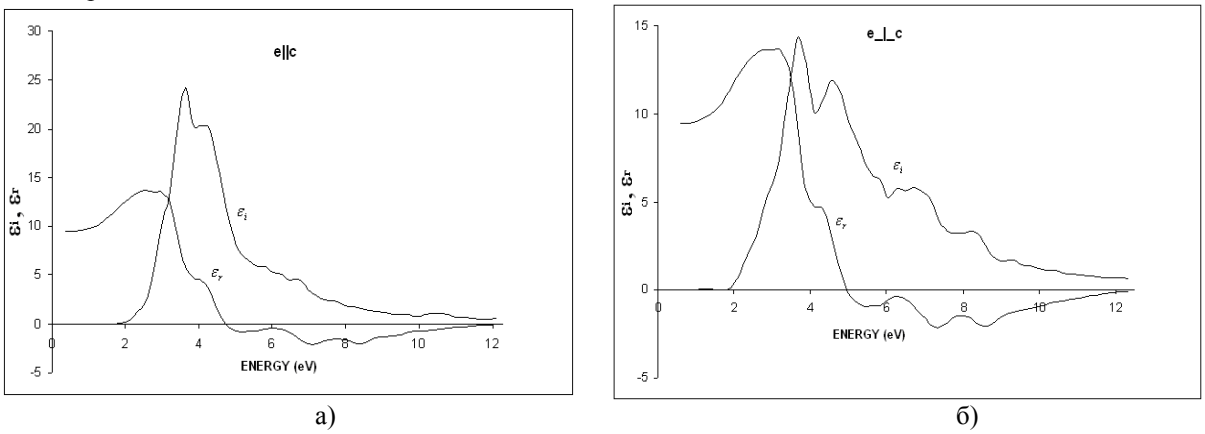
Гистограмма строилась с шагом 0.2 eV и охватывала все между зонные переходы *v*→*c* с энергией до 12 eV. Начиная с небольшой структуры в гистограмме около 12 eV зависимость ε_i (E) экстраполировалась по известной формуле $\varepsilon_i(E)\big|_{E\to\infty}\sim E^{-3}$. Переходы из самых нижних зон, имеющих Se -5s происхождение, как видно, частично попадают в исследованную спектральную область. Эти зоны расположены далеко, и как показывают наши исследования, уширение спектральной области, и тем самым вовлечение больших по энергии переходов из этих зон в высоколежащие состояния зоны проводимости, не приводит к вкладам в диэлектрическую проницаемость, заметно отличающимся от экстраполяции.

Реальная часть диэлектрической проницаемости определена из интегрального дисперсионного соотношения Крамерса-Кронига

$$\varepsilon_r(E)=1+\frac{2}{\pi}P\int_0^\infty\frac{E'\varepsilon_i(E')}{E'^2-E^2}\cdot dE' \quad (2)$$

здесь символом *P* обозначен интеграл в смысле главного значения.

Результаты расчетов вышеуказанных спектральных функций соединения $InGaTe_2$ для **e||c** и **e⊥c** поляризаций приведены на рис.4.



а) б)

Рис. 3 Спектральная зависимость мнимой (ε_i) и реальной (ε_r) частей диэлектрической проницаемости соединения $InGaTe_2$ (а) для **e||c** поляризации, (б) для e⊥c поляризации.

Как видно из рис. 3(а) в интервале 1.6-2.8 eV расчетные кривые быстро растут до максимума. Согласно этим рисункам максимум основного пика в спектре $\varepsilon_r(E)$ при поляризации **e||c** (рис. 3а) находится при энергии 2.3 eV, а при **e⊥c** (рис. 3б) 2.15 eV, а в спектре $\varepsilon_i(E)$ в обеих поляризациях максимумы основной полосы, которую мы связываем с переходами из верхней части валентной зоны в нижние зоны проводимости, находятся при 3.2 eV. В спектре $\varepsilon_i(E)$ при поляризации **e⊥c** имеются еще три пика с энергиями 4.3, 5.9, 6.2 и 7.56 eV. При поляризации e||c дополнительные пики расположены при энергиях 4.3, 6.2 и 7.8 eV, но они, особенно последние, слабо выражены.

Максимальное значение ε_i при поляризации **e||c** равно 15.1, а при **e⊥c** 12.8, и такое различие характерно для цепочечных кристаллов типа $InGaTe_2$ с сильной анизотропией. Предельное значение $\varepsilon_r(E=0)$ равно 7.88 при поляризации **e||c** и 7.21 при **e⊥c**.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Исследованиями вольтамперной характеристики $InGaTe_2$ выявлено, что данная фаза обладает переключающими свойствами с памятью и могут успешно применятся в создании быстродействующих электронных приборах. С использованием усовершенствованного метода псевдопотенциала расшифрована зонная структура $InGaTe_2$, определены происхождения валентной зоны и зоны проводимости, вычислены оптические функции данного соединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hahn H., Weltman B. Uder ternare chalkogenide des Thalliums mit Gallium und Indium. Naturwissenschaften. 1967;54(2):42-48.
2. Годжаев Э.М., Структура, электронные и тепловые свойства сложных полупроводников на основе sp и 4f элементов: автореферат дис.док.физ.мат. наук, Баку: ФИАН АзССР , 1985,с.31
3. Годжаев Э.М., Назаров А.М., Гюльмамедов К.Д., Османова С.С, Выращивание кристаллов $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ $(0 \le x \le 0/10)$ и их вольтамперные характеристики. Неорганические материалы, 2007, т.43, №2, с.152-154.
4. Годжаев Э.М., Джафарова Г.С.Сафарова С.И. Зонная структура $TlInTe_2$ и термоэффективность твердых растворов на его основе, Ж.Термоэлектричество, 2013, №1, с.28-33,Украина
5. Годжаев Э.М., Керимова Р.А., Термоэлектрические свойства кристаллов $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2(0{,}01 \le x \le 0{,}04)$,Изв.РАН, Неорганические материалы, 2004, т.40, №11с.1314-1316
6. Orudzhev G., Mamedov N., Uchiki H., Yamamoto N., Iida S., Toyota H., Gojaev E, Hashimzade F. Band structure and optical functions of ternary chain TlInSe2. Journal of Physics and Chemistry of Solids. 2003;64:1703-1706.
7. Godzhayev E.M., Orudzhev G.S., Kerimova R.A., Allakhyarov E.A. Band structure and optical properties of chained compound TlInTe. Physics of a firm body. 2006;48:40-43.
8. Godzhayev E.M., Dzhakhangirli Z.A., Allakhyarov E.A., Kafarova D.M.,Ibragimova A.R. Cultivation, phase analysis and band structure of a monocrystal of *InGaTe*, Inorganic materials. 2011;47(10):1162-1165
9. Mobarak M., Berger H., Lorusso G.F. et al. The Growth and Properties of Single Crystals of $GaInTe_2$, a Ternary Chalkogenide Semiconductor // J. Phys. D: Appl. Phys. 31.(1998). 1433–1437
10. Murnghan F.D. The compressibility of media under extreme pressures // Proceedings of the National Academy of Sciences, 1944, vol.30, pp.244-247
11. Birch F. Finite elastic strain of cubic crystals // Physical Review, 1947, v. 71, pp. 809-824

СПЕКТРЫ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ КОМПОЗИТОВ ПЭНП/CdS ПЭНП/In_2Se_3

Годжаев Эльдар Мехрали оглы,
Зав каф. Физики и, д.ф.н.проф.Заслуженный деятель науки Азербабйджанской Республики
Байрамов Руслан Акиф оглы
докторант кафедры физики Гянджинского государственного университета
Аббасов Рашад Ариф оглы
Предподаватель кафедры физики Гянджинского государственного университета, докторант

SPECTRA OF THERMALLY STIMULATED DEPOLARIZATION COMPOSITES ПЭНП/CdS ПЭНП/In_2Se_3

Gojaev Eldar, Head of Department. Physics and laboratory "Physics and technology of nanostructures" AzTU, d.ph.s.prof.Honored Scientist of Azerbaijan Republic
Bayramov Ruslan, doctorant in Physics department at Ganja State University
Abbasov Rashad,Teacher doctorant in Physics department at Ganja State University, doctorant

РЕЗЮМЕ

В предъявленной работе излагаются результаты исследования спектров термостимулированной деполяризации композиционных материалов ПЭНП+х.об.% CdS и ПЭНП+х.об.% In_2Se_3 в интервале температур 300-450К.

Исследования показали, что в отличие образцов наполнителем In_2Se_3 для композитов с наполнителем CdS при равной степени наполнения интенсивности пиков термостимулированной деполяризации оказались больше, что свидетельствует о различие структуры межфазных слоев этих композитов. Выявлено, что с увеличением наполнителя происходит увеличение эффективной поверхности приграничного слоя и соответственно наблюдается перераспределение интенсивностей пиков.

SUMMARY

In this work has been studied results of a study the spectra of thermally stimulated depolarization composites ПЭНП+х.об.% CdS и ПЭНП+х.об.% In_2Se_3 in the temperature range 300-450K. Studies have shown that in contrast to samples In2Se3 filler for composites filled with the CdS equally filling peak intensities were more thermally stimulated depolarization, indicating that the difference in the structure of interfacial layers of these composites. Revealed that with the increase of filler is increased effective surface boundary layer and thus the redistribution of peak intensities.

ВВЕДЕНИЕ

Для детального изучения механизма релаксационных процессов, протекающих в полимерных композитах, применяют разные диэлектрические методы, относящейся к методам релаксационной спектроскометрии. При изучении молекулярной подвижности в полимерных композициях диэлектрическим методом, в частотном диапазоне 10^{-5}-10^{-1}Гц применяют метод постоянного тока. С этой целью используют данные по температурным зависимостям термодеполяризационных токов J, функции деполяризаций и других параметров, зависящих от сквозного тока. Данный метод позволяет вести исследования в области инфранизких частот, что важно при изучении медленных молекулярных процессов. Такие процессы, в частности, связаны с началом сегментальной подвижности композиций в условиях, когда частота переориентаций диполей сегментов близка к нулю.

Изучение кинетики релаксации остаточной поляризации и инжектированных зарядов электретов занимает очень длительные время. В процессе таких измерений трудно поддерживать постоянную температуру образца, постоянную влажность и т.д., поэтому обычно ограничиваются комнатными температурами. Для прогнозирования стабильности электретных зарядов и исследования механизма их образования используют метод термостимулированной деполяризаций (ДСД). Этот метод является одним из методов термоактивационный спектроскопии, который успешно применяется для исследование зарядовых состояний и релаксационных процессов в диэлектриках и композиционных материалах [1-4]. В литературе имеются сведений по исследования спектров термостимулированной деполяризациий композиционных материалов с полупроводниковыми наполнителями [4-5]. Целью настоящей работы является исследования спектров ТСД композиционных материалов ПЭНП/CdS и ПЭНП/ In_2Se_3.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования полимерных композиций ПЭНП/CdS и ПЭНП/ In_2Se_3, на пластинке толщиной 4,5мм путем испарения в вакууме наносятся круглые алюминиевые электроды диаметром 50мм. Дале, получают термоэлектреты: для этого при температуре поляризации на образцы накладывают постоянное, поддерживаемое определенное время напряжение. Под влиянием электрического поле в результате теплового движения диполи в композициях ориентируются. Это относятся к диполям, подвижным при данной температуре. Происходит накопление объемного электретного заряда.

В этом состоянии образцы быстро охлаждают до температуры значительно более низкое, чем температура стеклования данного материала, после чего внешнее поле снимают.

Спектры термостимулированной деполяризации, (ТСД) композиций ПЭНП/CdS и ПЭНП/ In_2Se_3 исследовали на установке показанной на рис.1. Установка состоит из экранирующий коробки (8), вмонтирован в него нагреватель (2), образец (1) располагается между двумя электродами (3), с термопарой в нижнем отверстие электрода (4). Нагрев производился системой состоящих из трех ЛАТР-ов (5). Ток ТСД из верхнего электрода (4) находящегося над образцом через специальный высокоомный кабель поступает к входу электрометрического усилителя У5-11 (7). С выхода усилителя сигнал подается на вход регистрирующего прибора (6).

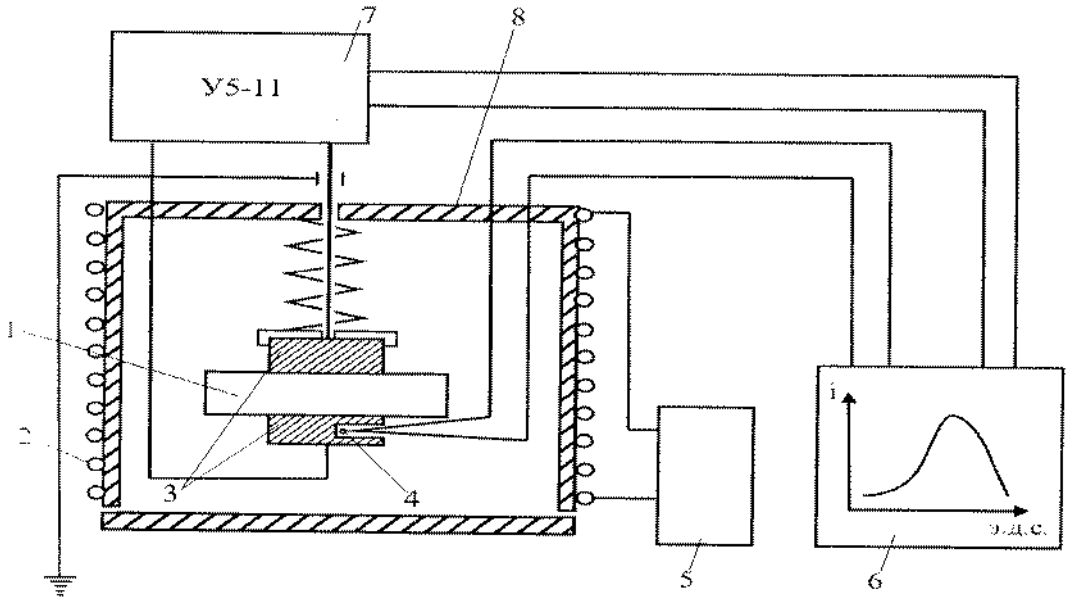


Рис.1. Блок схема установки для исследования ТСД в композиционных материалах

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис 2 приведены результаты исследования спектров ТСД композиционных материалов ПЭНП+х.об.% CdS (х=1;3;5;7;10).

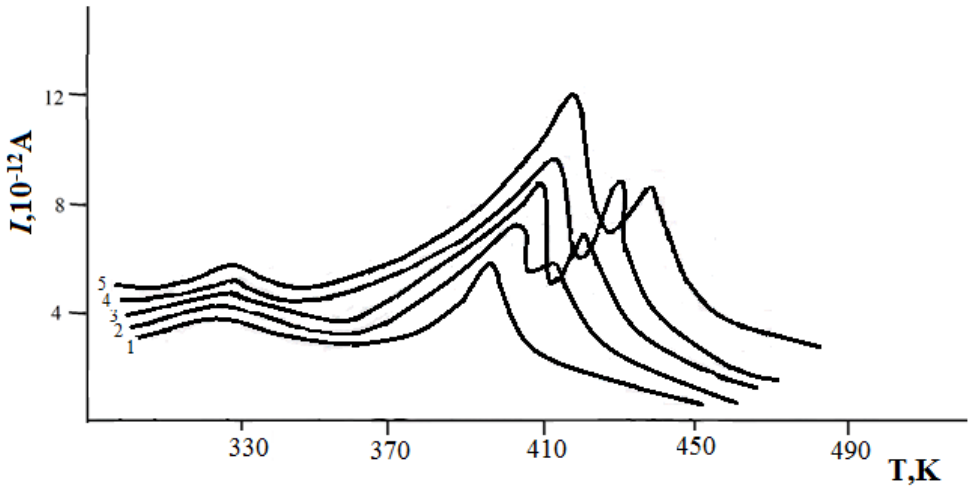


Рис.2 Спектры ТСД композиционных материалов ПЭНП+хоб.% CdS, где 1-х=1;2-х=3;3-х=5;4-х=7;5-х=10

Как следует из рис. (кривая 1) для композита с наполнителем 1об.% CdS на спектре ТСД при 400К появляется один пик.

С увеличением содержания наполнителя до 3об.% CdS на спектре появляется второй, менее слабо выраженный пик при 408К, первый пик с большей интенсивности наблюдается при 405К. Между максимумами, при 406К минимум. При содержании наполнителя 5об.% CdS (кривая 3) появляется два ярковыраженные максимума, при температурах 410 и 420К и минимум при 400К. Отметим, что интенсивности максимумов выявленных в этом композите больше чем для композита с добавкой 3об.% CdS. Для композита с наполнителем 7об.% CdS на спектре ТСД (рис кривая 4) при температурах 416 и 430К наблюдается максимумы, а между ними при 420К минимум. Для этого композита интенсивность второго максимума значительно больше первого. На спектре ТСД композита ПЭНП+10об.%CdS (рис 2 кривая 5), максимумы выявлены при температурах 418 и 440К, а минимум между ними при 422К. Для этого композита в отличие от композита с добавкой 7об.%CdS интенсивность второго максимума меньше первого.

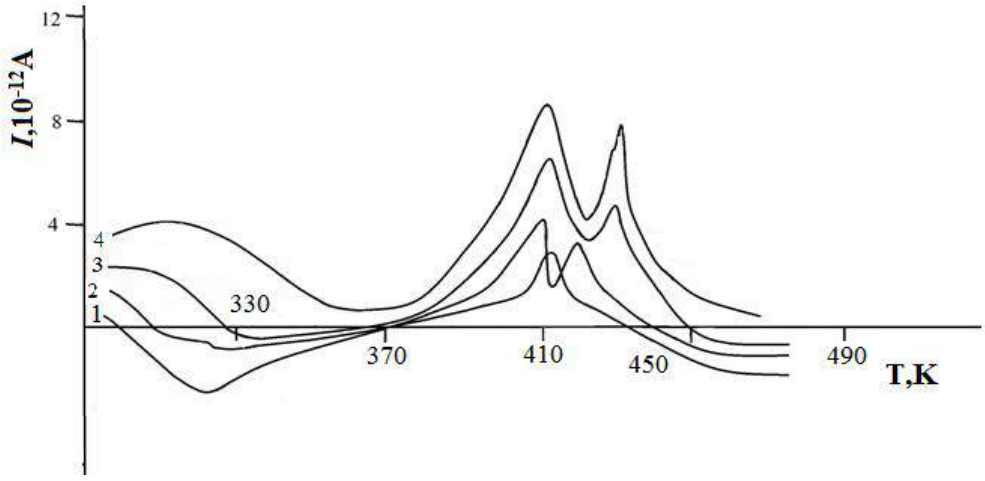


Рис.3 . Спектры ТСД композиционных материалов ПЭНП+хоб.% In_2Se_3, где 1-х=3; 2-х=5;3-х=7;4-х=10

Анализируя результаты исследования спектров ТСД можно заметить, что в высокотемпературной части спектры токов ТСД композитов ПЭНП+х.об.%CdS имеют сложную структуру. В зависимости от количества наполнителя изменяется амплитуда и температурные расположение высокотемпературного максимума.

Наблюдается четкая разница в изменения интенсивностей максимумов в зависимости от содержания наполнителя. При увеличении содержания наполнителя In_2Se_3 в составе композитов до 5об.% In_2Se_3 появляется второй пик, при температуре (рис.3 кривая 2) 418К. Кроме того для этого композита первый максимум наблюдается при 405К, между этими максимумами при 409К наблюдается минимум. Для композита с добавкой 7об.% In_2Se_3 наблюдается два максимума при температурах 410, 420К соответственно. Между этими максимумами при 418К

наблюдается минимум. Для композита с наполнителем 10об.% In_2Se_3 так же на спектре токов ТСД наблюдается два ярких максимумов при температурах 410 и 430К соответственно и минимум при 417К. Таким образом из полученных результатов видно, что на спектре ТСД композиционных материалов наблюдается следующая последовательность: с увеличением процентного содержаниям наполнителя до 5об.% In_2Se_3 удваивается выявленный максимум для композита ПЭНП/3об.%In_2Se_3, с увеличением содержания наполнителя до 7%In_2Se_3 наблюдается более интенсивные максимумы, интенсивность второго максимума для всех композитов ниже первого (рис 3), а для композита ПЭНП/10об.%In_2Se_3 интенсивности максимумов сильно не отличаются.

Из спектров токов ТСД (рис 3) видно, что в отличие от образцов с наполнителем In_2Se_3 для композита с наполнителем CdS при равной степени наполнения интенсивность пиков ТСД больше, что свидетельствует о различие структуры межфазных слоев этих композитов. Для композита содержащих 3,5,7, и 10% наполнителя CdS наблюдается два высокотемпературных максимумов. У композитов с наполнителями 3,5,7, и 10% CdS первые максимумы имеют относительно низкую амплитуду, чем второй. Считаем, что первые максимумы обусловлены освобождением зарядов из глубоких ловушек и их можно связать с процессом предплавления кристаллитов полимерный матрицы. С увеличением содержания наполнителя происходит увеличение эффективной поверхности приграничного слоя, наблюдается перераспределения интенсивностей пиков. На рис 3 приведены зависимости токов ТСД композитов ПЭНП/In_2Se_3 при различных содержаниях In_2Se_3. Характерными для этих кривых являются относительное смешение высокотемпературного пика. В сторону высоких температур. Из рис 3. (кривая 1) видно, что при содержании наполнителя 3об.% In_2Se_3. на спектре тока ТСД появляется один максимум при 410К.

По нашему мнению первой высокотемпературный максимум обусловлен освобождением зарядов из глубоких ловушек и их можно связать с процессом предплавления кристаллитов полимерной матрицы. С увеличением наполнителя до 5 об. % увеличивается эффективная поверхность приграничного слоя, наблюдается перераспределения интенсивностей пиков при 410 и 430К. Дальнейшее увеличение содержания наполнителя приводит снова к уменьшению эффективного приграничного слоя в результате образования агломератов частиц наполнителя в объеме композита. Из спектров ТСД видно, что при содержании наполнителя 10об.% амплитуда второго максимума (рис.3 кривая 4) существенно уменьшается, т.е. при содержании наполнителя In_2Se_3 в количестве 5 – 7об.% стабильность и значение поверхностной плотности электретных зарядов можно считать оптимальными. Эти результаты хорошо согласуются с литературном данными, по электретному эффекту в гетерогенных системах [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гороховатский Ю.А., Бордовский Г.Л., Термоактивационная тепловая спектроскопия высокоомных полупроводников и диэлектриков // М: Наука, 1991, 248 с.
2. Гороховатский Ю.А. Основы термодеполяризационного анализа // М: Наука, 1981, 152 с.
3. Рамазанов М.А., Гусейнова А.С. Влияние электротермополяризации на структуры и свойства на основе композиции полиэтилена и $Co(AlO_2)_2$ // Электронная обработка материалов, 2008, № 3, с. 77-81
4. Годжаев Э.М., Магеррамов А.М., Османова С.С, Нуриев М.А. Зарядовое состояния композиций на основе полиэтилена с полупроводниковым наполнителем // Молдова.: Электронная обработка материалов 2007, №2 с.84-88.
5. Годжаев Э.М., Магеррамов А.М., Османова С.С., Нуриев М.А., Аллахяров Э.А. Зарядовое состояние композиции на основе полиэтилена с полупроводниковым наполнителем TlInSe.*Электронная обработка материалов.* 2007, 43(2), 84–88.
6. 6. Годжаев Э.М., Магеррамов А.М., Сафарова С.И., Нуриев М.А. Рагимов Р.С. Диэлектрические свойства полимерных композитов с полупроводниковым наполнителем TlInSe. *Электронная обработка материалов*. 2008, 44(6), 66–71.

ЗАДАЧИ РАСЧЕТА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Киселева Наталья Николаевна

Старший преподаватель Нижегородского филиала Московского государственного университета путей сообщения

Катаева Лилия Юрьевна

Доктор физико- математических наук, профессор Нижегородского филиала Московского государственного университета путей сообщения

Масленников Дмитрий Александрович

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

OBJECTIVES CALCULATION OF AERODYNAMIC DRAG CAR

Kiseleva Natalia, Senior Lecturer of Nizhny Novgorod branch of the Moscow State University of Railway Transport, Nizhnii Novgorod

Kataeva Liliya, Doctor of physico-mathematical sciences, professor of Nizhny Novgorod branch of the Moscow State University of Railway Transport

Maslennikov Dmitrii,Nizhny Novgorod State Technical University. RE Alekseeva

АННОТАЦИЯ

В задачах расчета аэродинамического сопротивления автомобиля рассматриваются разные варианты, возникающих проблем, связанных с этим вопросом. Полученные в результате наблюдений физические закономерности обтекания, являются только предположениями об оптимальной геометрии, проверяющиеся экспериментальным путем. Важно, что численные эксперименты не являются заменой исследованиям в аэродинамической трубе: компьютерное симулирование обтекания требует подтверждения натурными экспериментами. При проведении вычислительных исследований, во главу угла ставится скорость вычислений и точность результатов.

ABSTRACT

In problems of calculation of the drag of the car are considered different options, emerging issues related to this matter. The observations physical laws of flow, are only predictions about the optimal geometry, checked experimentally. It is important that the numerical experiments are no substitute for research in the wind tunnel: computer simulation of flow to be confirmed by field experiments. When conducting computational research, with priority emphasis on the computing speed and accuracy of the results.

Ключевые слова: аэродинамическое сопротивление; метод свободного выбега; численные эксперименты; аэродинамическая труба.

Keywords: aerodynamic drag; free-wheel method; numerical simulations; wind tunnel.

Вопросы расчёта аэродинамического сопротивления проанализировали авторы [1]. Они считают, что есть две стороны этого вопроса. Первая включает в себя проблему отсутствия теоретических методов расчёта для сложных тел, таких как автомобиль, а вторая - для вычисления аэродинамического сопротивления тела заданной формы собранные экспериментальные данные неполно систематизированы. Так как, количество параметров, описывающих геометрию обтекаемого тела очень большое и их взаимосвязь очень сложна, попытки упорядочить в перечни аэродинамическое сопротивление в зависимости от формы автомобиля не привели к результату. Полученные в результате наблюдений физические закономерности обтекания, являются только предположениями об оптимальной геометрии, проверяющиеся экспериментальным путем. Зависимость результативности эксперимента по определению аэродинамических параметров составляет с одной стороны от погрешности их измерения, а с другой стороны - расходы на испытание одной конфигурации модели. Метод свободного выбега - это преимущественно простой способ определения аэродинамического сопротивления автомобиля. На ровном отрезке дороги без уклона, автомобиль разгоняется почти до максимальной скорости, и, переключившись на нейтральную передачу, движется по инерции. Силы, действующие на автомобиль можно определить, измеряя ускорение. Допустимость непосредственного измерения только равнодействующей силы аэродинамического сопротивления, трения узлов трансмиссии и шин является недостатком данного способа. Разнообразные пути применялись для расчетов аэродинамического сопротивления, например покрытие автомобиля коробом, покоящимся относительно него, позволяло определить величину сил замедляющих движение, не связанных с аэродинамикой. Важность данного способа снизилась с распространением аэродинамических труб.

Главными показателями являются основные методы определения аэродинамических характеристик, анализируют авторы [2]. Почти 20 лет назад было испытание автомобиля в реальных условиях на дороге и продувание масштабной модели в аэродинамической трубе. Наибольшие издержки при моделировании большого количества вариантов конфигурации - преимущественный недостаток этих методов.

Возможность выполнения численных исследований появилась благодаря росту быстродействия ЭВМ, что позволило проводить расчёты большего числа вариантов, как показано в работе [3]. Важно, что численные эксперименты не являются заменой исследованиям в аэродинамической трубе: компьютерное симулирование обтекания требует подтверждения натурными экспериментами. Испытывается модель проектировщиками автомобилей в настоящее время тремя этапами. Этап 1: С помощью специализированных программных пакетов при симулировании продувки трёхмерной модели автомобиля вычисляются аэродинамические характеристики и видна картина обтекания. На данном этапе определяют области, неблагоприятно влияющие на аэродинамику автомобиля, и пытаются оптимизировать их. Этап 2: В аэродинамической трубе проводится продувка уменьшенной модели автомобиля. Сниженные требования к техническим характеристикам аэродинамической трубы и пониженные расходы на изготовление исследуемой модели являются преимуществом данного способа. Снижение размеров модели приводит к уменьшению числа Рейнольдса, компенсируя это повышением скорости потока, путем не всегда возможно в используемой в аэродинамической трубе - с одной стороны, а увеличение скорости выше 40% от скорости звука приводит к искажению результатов за счёт эффектов сжимаемости газа - с другой стороны. Этап 3: В аэродинамической трубе продувка полноразмерного автомобиля. Окончательная доводка мелких элементов автомобиля выполняется по результатам данного этапа.

Из всего вышесказанного, можно сделать вывод: при проведении вычислительных исследований, во главу угла ставится скорость вычислений и точность результатов. Наименьшее время, расходуемое на одно вычисление дает наибольше различных вариантов конфигурации для вычисления. Степень точности результатов расчётов зависит от достоверности используемой математической модели.

Список литературы

1. Аэродинамика автомобиля: пер. с нем. / ред.: В. -Г. Гухо, С. П. Загородников; пер. Н. А. Юникова. - М. : Машиностроение, 1987. - 424 с
2. Гросс Д.С., Сексинский У.С. Некоторые проблемы испытаний автомобилей в аэродинамических трубах // Аэродинамика автомобиля. Сб. статей. Пер. с англ. Ф. Н. Шклярчука. Под ред. Чл.-кор. АН СССР Э.И. Григолюка. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с., ил.
3. Hucho, W.-H. Aerodynamics of Road Vehicles. – 4-th Edition. Warrendale, Pa.: SAE Publication, 1998.

АВТОНОМНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ПРОВОДНИКА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПОВОРОТНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ПРИСОЕДИНЕННОЙ ПЛАСТИНЫ

Скубов Дмитрий Юльевич
докт. физ.-мат. наук, профессор Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета
Штукин Лев Васильевич
канд. физ.-мат. наук, доцент Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета
Лукин Алексей Вячеславович
аспирант Санкт-Петербургского Политехнического Университета
Попов Иван Алексеевич
аспирант Санкт-Петербургского Политехнического Университета

AUTONOMOUS COOLING OF THE CONDUCTOR WITH ALTERNATING CURRENT USING OSCILLATIONS OF SUSPENDED CONDUCTIVE PLATE
Skubov Dmitry, Dr. of Science, professor of St.Petersburg Polythecnical University, St.Petersburg
Shtukin Lev, Candidate of Science, associate professor of St.Petersburg Polythecnical University, St.Petersburg
Lukin Alex, post-graduate student of St.Petersburg Polythecnical University, St.Petersburg
Popov Ivan, post-graduate student of St.Petersburg Polythecnical University, St.Petersburg

АННОТАЦИЯ

Целью работы является математическое моделирование автономного источника охлаждения высокоамперного провода переменного тока за счет поворотных колебаний бескотнактно подвешенной плоской проводящей рамки. Колебания рамки совершаются благодоря переменности магнитного потока через проводящий контур рамки и, следовательно, в нем наводится индукционный ток. Возникающий при этом пондерометорный крутящий момент зависит от угла поворота рамки, в результате чего возникают параметрически возбуждаемые колебания, приводящие к появлению переменного воздушного потока, охлаждающего проводник с током.

ABSTRACT

The aim of study is mathematical modelling of autonomous cooling of high-ampere alternating current, using oscillations of suspended conductive plate. These oscillations are arised due to alternating magnetic flux crossing conductive contour of frame and as a result the reducing a rise the inductive currents. This electromechanical interaction is a reason of excitement of parametric oscillations reduced the rounding air flow.

Ключевые слова: переменный магнитный поток; параметрические колебания; подвешенная проводящая рамка; обдувающий воздушный поток

Keywords: alternating magnetic flux; parametrical oscillations; suspended conductive plate; rounding air flow

Целью данной работы является исследование создания автономной системы охлаждения высокоамперного проводника с переменным электрическим током. Система должна быть автономна в том смысле, что ни возбуждение колебаний, ни перекачка воздуха не должны требовать дополнительных затрат в виде источников питания или двигательных устройств. Принципиальная схема системы представлена на Рис.1.

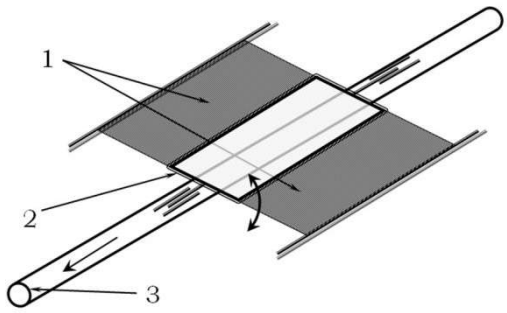


Рисунок 1. Предлагаемая система охлаждения:
1 – упругий подвес, 2 – проводящая рамка, 3 – высокоамперный проводник переменного тока

Бесконтактно присоединенная пластина с проводящей рамкой по ее контуру располагается «параллельно» аксиальной оси провода с током. Пластина рамки широкая и достаточно длинная для создания достаточного обдувающего воздушного потока и подвешена на упругих нитях, присоединенных к серединам левой и правой сторон пластины. По периметру пластины размещена проводящая рамка, охватывающая внутреннюю пластину из изолятора. При протекании переменного тока по прямолинейному проводнику создается переменный магнитный поток, пересекающий проводящий контур рамки. Переменность тока (50 Гц) и, следовательно, потока вызывает внутреннюю ЭДС в рамке, что приводит к появлению в ней переменного индуцированного тока. Величина возникающего поворотного момента сложным образом зависит от времени, т.к. при повороте рамки меняется магнитный поток, и, следовательно, наводимая ЭДС и индуцируемые токи в рамке, а также величина магнитной индукции, пересекающей параллельные ее стороны. Поперечное сечение провода и прямоугольной рамки с проводящим контуром представлено на Рис.2

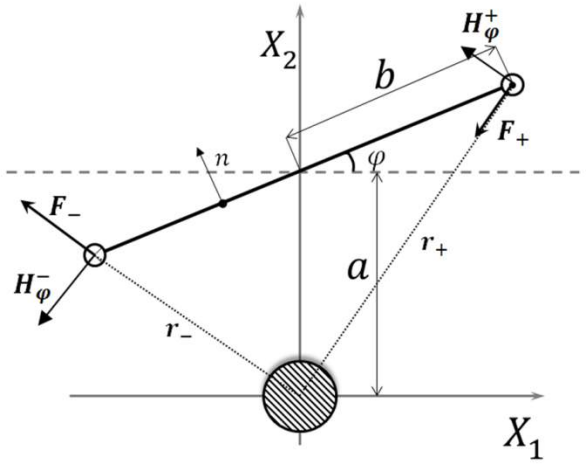


Рисунок 2. Поперечное сечение предлагаемой конструкции

Поворотный момент возникает из-за векторного взаимодействия наводимых в рамке токов и индукции внешнего поля (в противоположных сторонах рамки наводимые токи противоположно направлены и периодически меняются за счет изменения магнитного потока). В строгой постановке как поток через рамку, так и возникающие в ней токи (и, в результате, крутящий момент) зависят не только напрямую от времени, но и от угла поворота. Тем самым, задачи нахождения механических и электрических колебаний для рамки оказываются взаимосвязаны.

В общем случае эти задачи динамики нужно решать совместно, как систему двух обыкновенных дифференциальных уравнений с последующим отысканием максимально возможной амплитуды крутильных колебаний, используя возможные изменения параметров, в том числе и настройку на резонансные колебания.

Для получения периодического процесса, необходимо учесть нелинейность взаимосвязанных уравнений динамики электромеханических процессов в силу того, что при взаимодействии электрических и механических процессов возникают как обычные, так и параметрические резонансы.

Рассмотрим математическую модель такой системы и сделаем определенные предположения для упрощения аналитических выкладок. Провод, несущий высокоамперный переменный ток, рассматривается в виде бесконечно длинного медного цилиндра. Полный ток, текущий по цилиндру, задан как

$$I_0(t) = I_0 \sin \nu t.$$

Напряженность магнитного поля проводника определяется соотношением

$$\underline{H} = H_\varphi \underline{e}_\varphi = \frac{I_0(t)}{2\pi r}\underline{e}_\varphi$$

Вектора напряженности магнитного поля, пересекающие проводящие стороны рамки параллельные проводнику показаны на Рис.2.

Пондеромоторные силы, действующие на единицу длины проводящих сторон рамки и возникающая в этом контуре индуцированная ЭДС, определяются законами Ампера и Фарадея [1]:

$$d\underline{F} = \mu\mu_0 i\, d\underline{l} \times \underline{H},\ E = -\frac{\partial \Phi}{\partial t},$$

а сам поток индукции внешнего магнитного поля, пересекающий рамку:

$$\Phi = \int_{(S)} \underline{B} \cdot d\underline{S} = \mu\mu_0 l \int_{(S)} \underline{H} \cdot \underline{n} ds \quad (1)$$

При интегрировании воспользуемся представлением напряженности через магнитный потенциал в цилиндрической системе координат:

$$\underline{H} = rot\underline{A}, \qquad \underline{A} = \left\{0 \quad 0 \quad -\frac{I_0(t)}{2\pi} lnr\right\}^T$$

Перепишем равенство (1), используя теорему Стокса [2]

$$\Phi = \int\limits_{(S)} rot\underline{A} \cdot \underline{n} ds = \oint\limits_{(l)} \underline{A} \cdot d\underline{l} = -\mu\mu_0 l \frac{I_0}{2\pi} sin\, \nu t \ln\left[\frac{r_+(\varphi)}{r_-(\varphi)}\right]$$

Выражения для r_- и r_+ (см. Рис. 2) имеют вид:

$$r_+^2(\varphi) = a^2 + b^2 - 2abcos\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right) = a^2 + b^2 + 2absin\varphi,$$

$$r_-^2(\varphi) = a^2 + b^2 - 2abcos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = a^2 + b^2 - 2absin\varphi,$$

Электромагнитные силы, действующие на противоположные провода (см. Рис.2):

$$\underline{F_-} = \mu\mu_0 i\, l(H_{\varphi-})\underline{e}_{r-}, \underline{F_+} = -\mu\mu_0 i\, l(H_{\varphi+})\, \underline{e}_{r+},$$

где $\underline{e}_{r-}, \underline{e}_{r+}$ - радиальные орты в соответствующих точках. Выражение для крутящего момента принимает вид:

$$M = -\mu\mu_0 ilb\left(\frac{H_{\varphi+}}{r_+} + \frac{H_{\varphi-}}{r_-}\right) acos\varphi = \mu\mu_0 i\, I_0 sin\nu t\, l\, \frac{ab}{2\pi}\left(\frac{1}{r_+^2} + \frac{1}{r_-^2}\right) cos\varphi$$

или, окончательно:

$$M = -\mu\mu_0 \frac{abl\,(a^2+b^2)}{\pi\,[(a^2+b^2)^2 - 4a^2b^2\sin^2\varphi]} I_0\, i\ \sin\nu t\ cos\varphi.$$

Для рамки длины l и ширины b момент инерции запишется следующим образом:

$$J = \left(\frac{4}{3}\rho_1 b^3\delta + 2\rho_1 b^2\delta l + \frac{2}{3}\rho_2 b^3 l\right)h,$$

где $\rho_i, i = 1{,}2$ – объемные плотности материалов рамки. Проводящая часть (медь или аллюминий) с плотностью ρ_1, непроводящая - плотности ρ_2, h - толщина рамки, δ – диаметр сечения проводящей части рамки.

Система уравнений динамики электромеханических процессов (форма уравнений приведена, например, в [3]) для этой конструкции имеет вид

$$\begin{cases} J\ddot{\varphi} + \beta\dot{\varphi} + c\varphi = -\mu\mu_0 \frac{i\, I_0 \sin\nu t\ abl\ cos\varphi\,[a^2+b^2]}{\pi\,[(a^2+b^2)^2 - 4a^2b^2\sin^2\varphi]}, \\ L(i)^{\cdot} + ri = -\mu_0\mu\frac{I_0 l}{2\pi}\left\{\nu\ cos\ \nu t \ln\left[\frac{r_+(\varphi)}{r_-(\varphi)}\right] + sin\ \nu t\ \frac{\frac{dr_+}{d\varphi}r_- - \frac{dr_-}{d\varphi}r_+}{r_+ r_-}\ \dot{\varphi}\right\}, \end{cases} \quad (2)$$

где c – жесткость опор рамки при ее повороте, β – коэффициент вязкого трения, L – самоиндукция рамки. «Обезразмеривание» системы (2) проведем, вводя обозначения:

$$\tau = \nu t \rightarrow \ \frac{\partial}{\partial t} = \nu\frac{\partial}{\partial\tau},\quad \tilde{\imath} = \frac{i}{I_0},\quad \frac{c}{J} = \lambda^2,\quad \alpha = \frac{2ab}{a^2+b^2}, \frac{\beta}{J\nu} = 2n,\quad r = \frac{R}{L\nu},\quad \chi = \mu\mu_0\frac{l}{4\pi L},\quad \gamma = \mu\mu_0\frac{lI_0^2}{2\pi J\nu^2}$$

Тогда система (2) записывается в виде:

$$\begin{cases} \varphi'' + 2n\varphi' + \frac{\lambda^2}{\nu^2}\varphi = -\gamma\tilde{\imath}\ sin\ \tau\frac{\alpha cos\ \varphi}{1-\alpha^2\ sin^2\ \varphi} \\ \tilde{\imath}' + r\tilde{\imath} = -\chi\left[\ cos\ \tau\ln\left(1+\frac{2\alpha\ sin\ \varphi}{1-\alpha\ sin\ \varphi}\right) + sin\ \tau\ cos\ \varphi\frac{\alpha}{\sqrt{1-\alpha^2\ sin^2\ \varphi}}\varphi'\right] \end{cases} \quad (3)$$

Это система нелинейных дифференциальных уравнений с периодически меняющимися коэффициентами. Для начальных условий соответствующих малому и большому отклонению рамки от положения равновесия в случае реальных геометрических и физических параметров получены периодические поворотные колебания, представленные на Рис. 3. Слева на этом рисунке портрет на фазовой плоскости, справа зависимость угла поворота от времени. На этом рисунке видна сходимость колебаний при различных начальных условиях к одному и тому же периодическому движению, но с возможным сдвигом фаз.

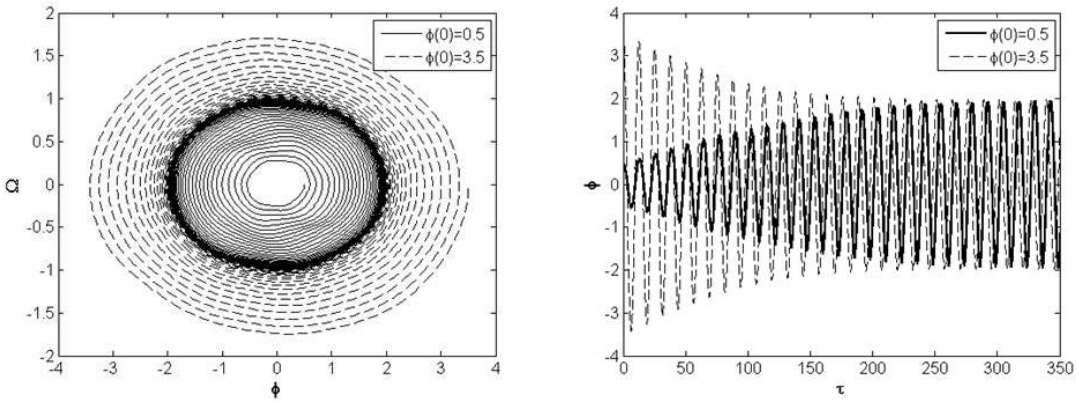


Рисунок 3. Периодическое решение системы уравнений (3)

Далее предполагается, что во втором уравнении системы (3), опреляющем характер изменения наводимого тока в рамке, коэффициенты удовлетворяют соотношениям $r, \chi \gg 1$, где r – отношение омического и индуктивного сопротивлений, а χ – величина, обратная обезразмеренному коэффициенту самоиндукции. Эти предположения соответствуют естественным инженерным требованиям. Тогда для получения стационарного режима представляется возможным пренебречь в этом уравнении производной тока. Получив явное выражения для наведенного тока в рамке как зависимость от τ, φ, φ', после подстановки в первое уравнение имеем нелинейное уравнение с периодически меняющимися коэффициентами:

$$\varphi'' + 2n\varphi' + \frac{\lambda^2}{\nu^2}\varphi = -\frac{\gamma\chi}{r}\left[\ cos\ \tau\ ln\left(1+\frac{2\alpha\ sin\ \varphi}{1-\alpha\ sin\ \varphi}\right) + sin\ \tau\ cos\ \varphi\frac{\alpha}{\sqrt{1-\alpha^2\ sin^2\ \varphi}}\varphi'\right] sin\ \tau\frac{\alpha cos\ \varphi}{1-\alpha^2\ sin^2\ \varphi} \quad (4)$$

Для определения вносимых параметров, в первую очередь, жесткостей подвесов проводящей рамки, выбор которых может обеспечить условия параметрических поворотных колебаний присоединенной пластины, произведем исследование задачи (4) в предположении малого угла отклонения φ, что даст нам возможность определения границы устойчивости стационарного положения.

Линеаризованное уравнение относительно $\varphi_* = 0$ для уравнения (4) записывается следующим образом:

$$\varphi'' + 2(n - qsin^2\tau)\varphi' + (\Omega^2 - qsin2\tau)\varphi = 0, \quad (5)$$

где введены обозначения $q = \frac{\alpha^2 \chi \gamma}{r}$, $\Omega = \frac{\lambda}{\nu}$.

Полученное уравнение имеет вид уравнения Матье, но с переменной диссипацией и одинаковыми коэффициентами при переменных составляющих в коэффициентах демпфирования и жесткости. Численно полученная параметрическая диаграмма устойчивости для уравнения (5) при различных величинах коэффициента демпфирования n представлена на Рис.4.

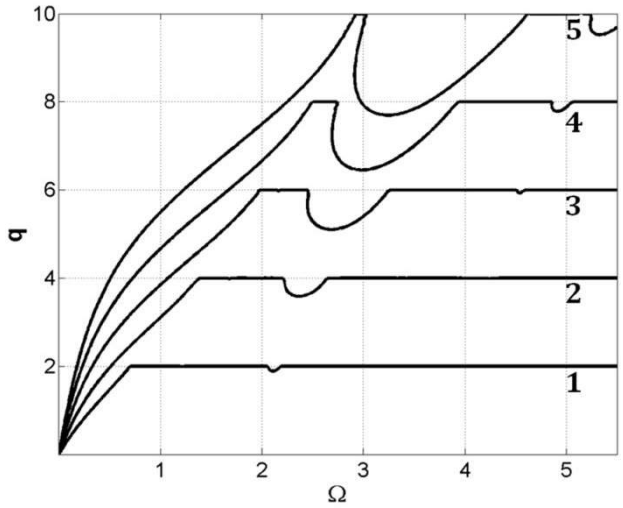


Рисунок 4. Параметрическая диаграмма устойчивости

Так, например, величине $n = 5$ соответствует линия Рис.4, разделяющая области устойчивости (ниже нее) и неустойчивости (выше). Хорошо видна определенная геометрическая повторяемость (подобие) диаграмм устойчивости при изменении коэффициента n.

Проанализируем динамику изменения мультипликаторов на комплекной плоскости для уравнения (5), непрерывно изменяя величину Ω и положив коэффициенты $n = 4, q = 7$. Изначально, при $0 < \Omega < 2.13$, два корня характеристического уравнения для системы (5) - мультипликаторы матрицы монодромии C

$$\lambda^2 - trC \cdot \lambda + detC = 0$$

расположены по разные стороны единичного круга на вещественной оси, но быстро приближаются навстречу друг другу и после встречи двигаются по окружности, радиус которой соответствует модулю точки встречи, находясь при этом внутри единичного круга. Затем, при $\Omega \cong 2.7$ один из мультипликаторов, двигаясь по вещественной оси, покидает единичную окружность, что соответствует первой области неустойчивости на соответствующем профиле Рис.4, при $\Omega > 3.5$ корни возвращаются в единичный круг, и более его не покидая, двигаются по окружности.

Важным результатом численного исследования линейной части уравнения (4) является тот факт, что в отличие от классической диаграммы Айнса-Стретта для уравнения Матье с постоянным коэффициентом вязкого трения, в данном случае мы имеем непрерывную верхнюю границу области устойчивости по параметру q, с непрерывно пропорциональным ее уменьшением и сглаживанием при уменьшении коэффициента демпфирования n.

Существенно, что при каждом значении n область устойчивости в области параметров n, q лежит ниже, чем горизонтальная прямая, соответствующая нулевому среднему коэффициенту трения при $2n = q$.

Таким образом, получаем возможность настройки предложенной системы охлаждения на резонансные параметрические колебания в широкой полосе соотношения частот $\Omega = \frac{\lambda}{\nu}$, то есть при различных соотношениях собственной частоты колебаний рамки и частоты тока, что гарантирует работоспособность конструкции при изменении во времени эксплуатации её механических свойств.

Список литературы:

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества: монография. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. — 504 с.
2. Аксенов А.П. Математика. Математический анализ Ч. 2: монография. СПб. Изд. Политехн. ун-та, 2005. – 759 с.
3. Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Динамика неголономных систем: монография. М.: Наука, Физматлит, 1967. – 520 с.
4. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения: монография. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966. — 532 с.
5. Хаяси Т., Нелинейные колебания в физических системах: монография. М.: Изд. «МИР», 1968. – 432 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ КРУГЛОГО ТРУБОПРОВОДА, ЗАВИСЯЩЕГО ОТ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДСА

Якубовский Евгений Георгиевич
Национальный Минерально-Сырьевой Университет Горный Инженер, Санкт-Петербург

DETERMINATION OF RESISTANCE OF ROUND PIPE WHICH DEPENDS FROM THE REYNOLDS NUMBER
Jakubowski Eugene G., National mineral -resource University Mountain Engineer, St. Petersburg

Аннотация

Значение коэффициента сопротивления круглого трубопровода при произвольном числе Рейнольдса и степени шероховатости известно только из эксперимента. Предлагается с помощью комплексного решения получить решение уравнения Навье – Стокса и на основе качественных соображений определить влияние шероховатости на решение уравнения Навье – Стокса. При этом с точностью 10% удалось построить графики Никурадзе зависимости коэффициента сопротивления круглого трубопровода в зависимости от произвольного числа Рейнольдса и степени шероховатости.

Ключевые слова: коэффициент сопротивления; турбулентный режим; графики Никурадзе

Abstract

The coefficient of resistance of the round pipe is defined under an arbitrary Reynolds number and the roughness is known only from the experiment. It is defined with the help of a comprehensive solution to obtain a solution of the Navier - Stokes equations and on the basis of qualitative considerations to determine the effect of roughness on the solution of the Navier - Stokes equations. At the same time with an accuracy of 10% was able to plot the dependence of the resistance round pipe, depending on the arbitrary of the Reynolds number and roughness.

Keywords: coefficient of resistance; turbulent regime; graphics Nikuradze

Введение

Существуют приближенные формулы аппроксимации коэффициента сопротивления трубопровода на отдельных участках числа Рейнольдса см.[1],[2]. Известны классические экспериментальные графики Никурадзе по определению коэффициента сопротивления круглого трубопровода в зависимости от числа Рейнольдса и степени шероховатости. Применяется аппроксимация конвективного члена, сводящая задачу решения уравнения Навье – Стокса к линейной с эффективной турбулентной вязкостью. Но такое преобразование искажает решение уравнения Навье – Стокса и для совпадения с экспериментом коэффициент турбулентной вязкости может иметь произвольное значение, вплоть до отрицательного. Применяется метод Галеркина, сводящий решение задачи гидродинамики к системе нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Но при турбулентном режиме эта система нелинейных уравнений имеет комплексные положения равновесия, т.е. решение комплексное. И действительно в турбулентном режиме система уравнений гидродинамики в действительной плоскости не имеет решения, решение уравнения стремится к бесконечности см. [3]. При этом комплексное решение конечно. Физический смысл комплексного решения и его колебательный характер см. [4],[5]. Т.е. решать задачу гидродинамики в турбулентном режиме надо в комплексной плоскости.

Возникает идея ограничиться одним членом решением, вместо громоздкого ряда. Для этого приведем уравнение Навье – Стокса к безразмерному виду, его надо разделить на величину $2\nu^2 R_{cr}/a^3$, где ν - кинематическая вязкость, a размер тела, величина R_{cr} это критическое число Рейнольдса. При этом координаты $x_k, k=1,...,3$ безразмерные величины и равны отношению $2y_k R_{cr}/a, k=1,...,3$, где y_k декартовы координаты рассматриваемой точки потока. Тогда уравнение Навье – Стокса будет иметь безразмерный вид

$$\frac{\partial R_l}{\partial \tau}+\sum_{k=1}^{3} R_k \frac{\partial R_l}{\partial x_k}=-\frac{\partial P}{\partial x_l}+2R_{cr}\Delta R_l,$$

$$\Delta P=\frac{\Delta p a^2}{\rho \nu^2}=T, R_l=\frac{V_l a}{\nu}, x_l=2y_l R_{cr}/a, \tau=2t\nu R_{cr}/a^2$$

.

Получаем условие стационарности для уравнения Навье – Стокса с учетом одного члена ряда-решения в одномерном случае (уравнение получено с помощью метода Галеркина, с условием что имеется для круглого трубопровода ламинарное решение Пуазейля)

$$\frac{dR}{d\tau}=R^2-2RR_{cr}+T/16=0,$$

В одномерном случае при постоянстве сечения трубопровода уравнение неразрывности выполняется тождественно. Ламинарное решение этого уравнения равно

$$R=R_{cr}-\sqrt{R_{cr}^2-T/16}=[R_{cr}/\sqrt{T}-\sqrt{R_{cr}^2/T-1/16}]\sqrt{T}\ . \quad (1)$$

Где коэффициент $1/16$ определяет течение Пуазейля. При переходе к комплексному решению при росте давления T в начале турбулентного комплексного режима получаем значение числа Рейнольдса, равное критическому. Имеем равенство касательных напряжений, $\frac{\Delta p_L d}{L}=\frac{\Delta p_l \delta}{l}=\frac{\Delta p_l}{R_{cr}}$, где l,δ период и высота шероховатостей, величины d, L диаметр и длина трубопровода, Δp_l перепад давления на периоде шероховатости.

Разница в давлении между началом и концом переходной области определяется по формуле $\Delta p_L = \frac{\Delta p_l L}{dR_{cr}}$.

Получим формулу для числа Рейнольдса потока, разложив квадратный корень при малом перепаде давления в формуле (1) $R = \frac{\Delta P_l}{32R_{cr}} = \frac{T}{32R_{cr}} = \frac{\Delta P_L dl}{32\delta R_{cr} L}$. Формула для течения Пуазейля $R = \frac{\Delta p_L d^3}{32\rho\nu^2 L} = \frac{\Delta P_L d}{32L}$. Откуда получаем значение критического числа Рейнольдса $R_{cr} = \frac{l}{\delta} = 2300$. Т.е. получаем для величины $\Delta P_l = \Delta P_L dR_{cr} / L = T$. Коэффициент сопротивления трубопровода с круглым сечением определяется по формуле $\lambda = \frac{2\Delta P_L d}{\rho V^2 L} = \frac{2\Delta P_l \delta}{\rho V^2 l} = \frac{T\nu^2 d^2 \delta}{2V^2 l} = \frac{\pi^2 T}{8R_{cr} | R^2 |}$.

Средняя скорость, входящая в число Рейнольдса, равна

$$V_a = \int_0^a rV \sin\frac{\pi r}{a} dr / \int_0^a rdr = 2V/\pi, R = \frac{V_a d}{\nu}.$$

В случае большого перепада давления, получаем комплексное турбулентное решение $R = R_{cr} - i\sqrt{T/16 - R_{cr}^2} = (R_{cr}/\sqrt{T} - i\sqrt{1/16 - R_{cr}^2/T})\sqrt{T}$. Если считать точнее, то вклад вращательной мнимой части в поступательную скорость движения потока соответствует корню из мнимой части согласно формуле (2)

$$R/\sqrt{T} = R_{cr}/\sqrt{T} - i\sqrt[4]{1/16 - R_{cr}^2/T}\{l(T,\xi_0)0.2/[\delta(T,\xi_0)R_{cr}]\}^{0.37} = \\ = \sqrt{R_{cr}^2/T + \sqrt{1/16 - R_{cr}^2/T}}\{l(T,\xi_0)0.2/[\delta(T,\xi_0)R_{cr}])^{0.74}\exp(i\varphi) \quad , (2)$$

причем необходимо использовать величину отношения числа Рейнольдса на корень из безразмерного давления, как величину порядка единицы в турбулентном режиме. При этом учтено влияние шероховатости стенок турбулентного потока на мнимую часть числа Рейнольдса потока. Чтобы получить графики с постоянной высотой шероховатости, надо ввести эффективный среднеквадратичный тангенс наклона шероховатостей. Эффективное среднеквадратичное значение тангенса наклона шероховатости должно зависеть от внешнего давления $\frac{\delta(T,\xi_0)}{l(T,\xi_0)}$.

Причем на бесконечности числа Рейнольдса, или безразмерного давления имеем соотношение $\frac{\delta(\infty,\xi_0)}{l(\infty,\xi_0)} = \frac{\delta_0}{r_0} = \frac{1}{\xi_0}$.

Формула подобрана таким образом, чтобы правильно определять коэффициент сопротивления трубопровода при бесконечном числе Рейнольдса и внешнего давления $R = -i\sqrt[4]{1/16}\{0.2l(\infty,\xi_0)/[\delta(\infty,\xi_0)R_{cr}]\}^{0.37}\sqrt{T}$ при коэффициенте сопротивления, равном величине $\lambda = \frac{\pi^2}{8R_{cr}\sqrt{1/16}(0.2\xi_0/R_{cr})^{0.74}}$. При постоянном среднеквадратичном тангенсе наклона шероховатостей $\frac{\delta}{l}$, но разной высоте шероховатостей, получается график отличный от графика Никурадзе.

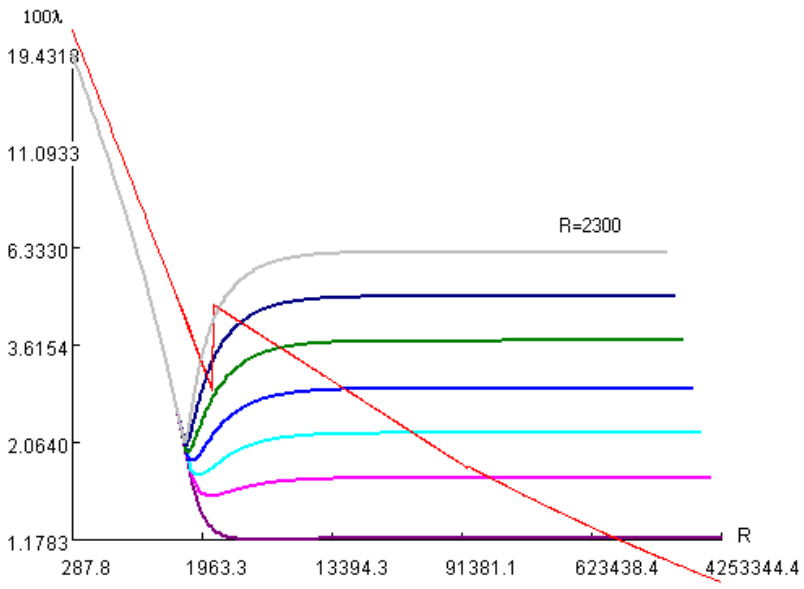


Рис.1 График зависимости коэффициента сопротивления круглого трубопровода от числа Рейнольдса при разных среднеквадратичных тангенсах наклона шероховатости

Но формула Никурадзе получена при постоянном отношении радиуса трубопровода r_0 к средней высоте шероховатости δ_0. Формула (2) содержит эффективный среднеквадратичный тангенс наклона шероховатости, который выражен через отношение радиуса трубопровода к средней высоте шероховатости и через безразмерное давление.

$$\frac{l(T,\xi_0)}{\delta(T,\xi_0)} = \{2\exp[-|\sqrt{T}-\sqrt{T_{cr}}|/\alpha(\xi_0)] + \xi_0[1-\exp(-|\sqrt{T}-\sqrt{T_{cr}}|/\alpha(\xi_0))]\}\times$$

$$\times\{1+0.4\exp\{-[\sqrt{T}-\sqrt{T_{cr}}\beta(\xi_0)]/\gamma(\xi_0)\}\},\xi_0 = r_0/\delta_0$$

Величина $T_{cr} = R_{cr}^2/16$. Влияния эффективного среднеквадратичного тангенса наклона шероховатостей на свойство потока зависит от числа Рейнольдса или перепада давления.

Эмпирическая формула по определению коэффициентов $\alpha(\xi_0),\beta(\xi_0),(\xi_0)$ следующая

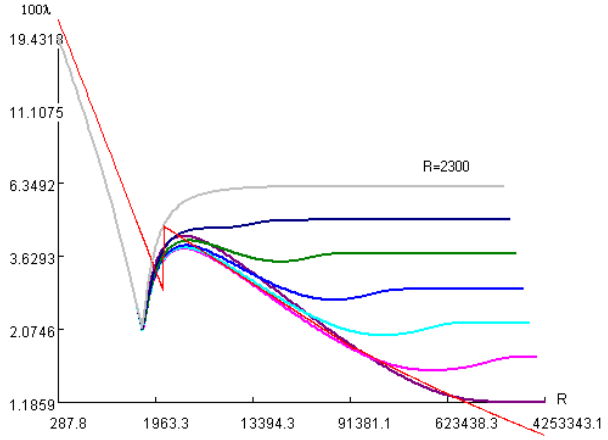
$$\alpha(\xi_0) = R_{cr}\frac{\xi_0}{2}, \beta(\xi_0) = \frac{2\xi_0}{15},$$

$$\gamma(\xi_0) = 15R_{cr}(\frac{\xi_0}{30})^{1.5}$$

При этом в начале образования мнимой части комплексного решения $T = T_{cr}$, или начале турбулентного решения, тангенс наклона шероховатостей приближенно равен 2, и графики при разных тангенсах наклона шероховатостей совпадают.

При этом коэффициент сопротивления потока в круглом трубопроводе определяется по формуле $\lambda = \frac{T\pi^2}{8R_{cr}|R|^2}$. Приведем график решения, полученного с помощью одного члена ряда

Для сравнения теоретического и экспериментального графика зависимости коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса потока приведен график Никурадзе. Ошибка теоретического графика относительно экспериментального примерно 10%. Отмечу, что график, приведенный на рисунке Никурадзе в ламинарной части решения не точен, по мере приближения к критическому числу Рейнольдса появляется отличие от соотношения $\lambda = 64/R$, что отражено на теоретическом графике, и мало проявляется на экспериментальном. Экспериментальный график для логарифма давления и числа Рейнольдса изображен прямой линией, а должно быть отличие от прямой линии по мере увеличения влияния конвективного члена.



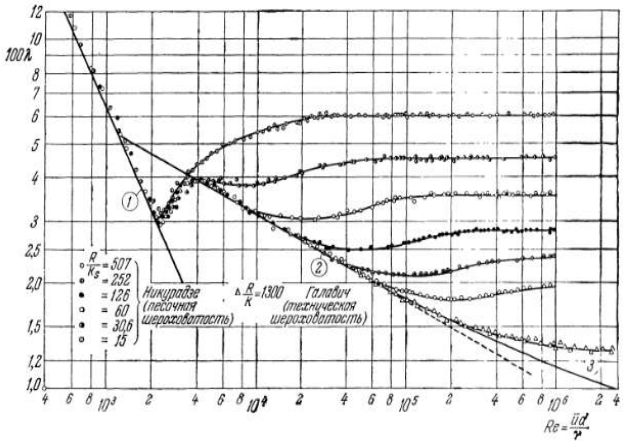


Рис.2 Теоретическая и экспериментальная зависимость коэффициента сопротивления круглого трубопровода от числа Рейнольдса при разной степени шероховатости

Данный график решения получен для постоянной температуры потока. Для его реализации в случае турбулентного режима необходимо подставить в формулу приведенное давление и отношение радиуса трубопровода к высоте шероховатости

$$|R| = \sqrt{R_{cr}^2 + \sqrt{T^2/16 - TR_{cr}^2}\{l(T,\xi_0)0.2/[\delta(T,\xi_0)R_{cr}]\}^{0.74}}$$

$$\frac{l(T,\xi_0)}{\delta(T,\xi_0)} = \{2\exp[-|\sqrt{T}-\sqrt{T_{cr}}|/\alpha(\xi_0)] + \xi_0[1-\exp(-|\sqrt{T}-\sqrt{T_{cr}}|/\alpha(\xi_0)]\}\times$$

$$\times\{1+0.4\exp\{-[\sqrt{T}-\sqrt{T_{cr}}\beta(\xi_0)]/\gamma(\xi_0)\}\},\xi_0 = \frac{r_0}{\delta_0}$$

Причем формула построена таким образом, чтобы $\frac{l(\infty,\xi_0)}{\delta(\infty,\xi_0)}=\xi_0$. В случае ламинарного режима имеется простая формула для определения числа Рейнольдса $R=R_{cr}-\sqrt{R_{cr}^2-T/16}$.

Выводы

На основании решения уравнения Навье – Стокса построены графики при постоянном тангенсе наклона шероховатости и постоянной высоте шероховатости. Получена конечная формула, определяющая зависимость числа Рейнольдса потока от внешнего давления, как в ламинарном, так и в турбулентном режиме, а значит и зависимость коэффициента сопротивления потока от внешнего давления.

Список литературы

1. Монин А.С. Яглом А.М. Статистическая гидромеханика Механика турбулентности Часть 1. М.: «Наука», 1965, -640с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя М.: «Наука», 1974, -713с.
3. Якубовский Е.Г. Комплексные ограниченные решения уравнений в частных производных. Материалы международной научно-практической конференции. Теоретические и практические аспекты естественных и математических наук. Новосибирск: Изд. «Сибак», 2012, с. 19-30. www.sibac.info
4. Якубовский Е.Г. Модель комплексного пространства Материалы XIII международной научно-практической конференции, Т.1 М.: «Институт стратегических исследований», изд. «Спецкнига», - 2014, 26-32с.
5. Якубовский Е. Г. Модель комплексного пространства и распознавание образов. -2014 , http://istina.msu.ru/media/publications/article/211/bd0/6068343/raspoznavobrazovwithouteqution.pdf

ЗАМОЩЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ЛОБАЧЕВСКОГО В МОДЕЛИ ПУАНКАРЕ

Жукова Наталья Петровна

кандидат педагогических наук, доцент, Филиал Тюменского государственного нефтегазового университета, г. Новый Уренгой

LOBACHEVSKY PLANE'S ZAMOSCHENIYE IN POINCARE'S MODEL

Zhukova Natalya Petrovna, candidate of pedagogical sciences, associate professor, Tyumen State Oil and gas Uuniversity's branch, Novyi Urengoy

АННОТАЦИЯ

Теория дискретных групп преобразований находит важное применение в задаче замощения плоскости и пространства. Интересной является и задача нахождения групп замощений плоскости Лобачевского. Установлено, что в евклидовой геометрии число групп замощений конечно. Выбор фундаментальных областей в плоскости Лобачевского велик. Число типов замощений бесконечно. Если выбрать в качестве такой фундаментальной области квадрат с углом 60 градусов, то можно «замостить» плоскость Лобачевского этими квадратами без пропусков и наложений.

ABSTRAKT

The theory of discrete groups' transformations finds important application in a problem of zamoshcheniye of the plane and space. The problem of finding of groups of zamoshcheniye of Lobachevsky' plane is also interesting. It is established that in Euclidean geometry number of groups of zamoshcheniye is certain. The choice of fundamental areas in Lobachevsky's plane is great. Number of types of zamoshcheniye is infinitel. If to choose such square as fundamental area with a corner of 60 degrees, it is possible "to pave" Lobachevsky's plane by these squares without admissions and imposings.

Ключевые слова: замощение плоскости Лобачевского.

Keywords: lobachevsky zamosheniye planes.

Одна из задач современности, относимая вплоть до 2000 года к открытым математическим проблемам (проблемы Гильберта), – это задача о конечности числа кристаллографических групп – дискретных групп преобразований плоскости и пространства. Установлено, что в евклидовой геометрии число этих групп конечно: 17 плоских и 230 пространственных [3, с. 97]. Первое строгое доказательство, что групп замощений всего 17, принадлежит Федорову (1891 г.) [2, с. 31]. Конечность числа кристаллографических групп установлена и для евклидовых пространств размерности n.

Теория дискретных групп преобразований находит важное применение в задаче замощения плоскости и пространства. Задача нахождения таких групп пришла из кристаллографии и привела к чисто геометрической задаче: установить все возможные правильные расположения объектов в пространстве.

Не менее интересной является задача нахождения групп замощений плоскости Лобачевского. Оказывается, что в гиперболической геометрии число дискретных групп значительно больше, чем в евклидовой геометрии. Все эти группы осуществляются на модели Пуанкаре группами преобразований, сохраняющих окружности [3, с. 258].

Нетрудно найти такое конформное отображение, в частности, такую дробно-линейную функцию вида $\omega=\frac{az+b}{cz+d}, (ad-bc\neq 0, c\neq 0)\ \forall z\in C$, при помощи которой можно «выложить» плоскость Лобачевского в виде паркета, например «квадратами» с углом 60 градусов. Заметим, что дискретные подгруппы группы GM (R^n), действующей на комплексной плоскости (т.е. в R^2) посредством дробно-линейных преобразований в комбинации с комплексным сопряжением, изучались еще в классических работах Ф. Клейна – главным образом в связи с проблемой

классификации «пространственных форм» геометрии Лобачевского [1, с. 3].

Обратимся непосредственно к задаче построения одной элементарной «плитки». Построим в плоскости Лобачевского квадрат с углом 60 градусов и вычислим длину его стороны. Воспользуемся моделью Пуанкаре верхней полуплоскости.

Рассмотрим верхнюю полуплоскость и все точки на ней, отождествленные с комплексными числами $z = x + iy$, для которых $y>0$. Прямыми будем называть вертикальные полупрямые $x = const, y>0$ и полуокружности $(x - a)^2 + y^2 = r^2, y>0$, ортогональные оси абсцисс, которая в модель Пуанкаре не входит.

Как известно, предложение о сумме углов треугольника эквивалентно аксиоме параллельности. Так, в евклидовой геометрии, сумма углов треугольника составляет ровно 180 градусов, в плоскости Лобачевского эта сумма строго меньше двух прямых. Следовательно, сумма углов четырехугольника в плоскости Лобачевского будет строго меньше четырех прямых.

Определим, как измеряются длины и углы. Евклидова мера углов будет мерой углов и на плоскости Лобачевского.

Для расстояния между точками имеет место формула:

$$l = \ln tg\left(\frac{t}{2}\right)\Big|_{t_0}^{t_1} \tag{1}$$

причем $AB = СД$ (рис. 1).

В верхней полуплоскости строим прямую $Ф_1$ (полуокружность радиуса R) (рис. 2). Строим вторую прямую $Ф_2$, которая пересекает $Ф_1$ в точке $A\ (Rcost, Rsint)$ под углом 60 градусов. Достраиваем фигуру до квадрата прямыми $Ф_3$ (проходит через точку В) и $Ф_4$ (проходит через точки $С$ и $Д$).

Легко показать, что если угол между прямыми $Ф_1$ и $Ф_2$ равен 60 градусам, то и угол между прямыми $Ф_3$ и $Ф_4$ тоже равен 60 градусам. Дуги $ДА$ и $СВ$ равны между собой. Задача заключается в нахождении такого параметра t, чтобы равными стали стороны $ВА$ и $ДА$.

$$ДА = l_1 = \ln tg\left(\frac{t}{2}\right)\Big|_{t}^{180-t} = lnctg^2\left(\frac{t}{2}\right) \tag{2}$$

$$BA = l_2 = \ln tg\left(\frac{t}{2}\right)\Big|_{60+t}^{120+t} = ln\frac{3-tg^2\left(\frac{t}{2}\right)}{1-3tg^2\left(\frac{t}{2}\right)} \tag{3}$$

$$tg^4\left(\frac{t}{2}\right) - 6tg^2\left(\frac{t}{2}\right) + 1 = 0 \tag{4}$$

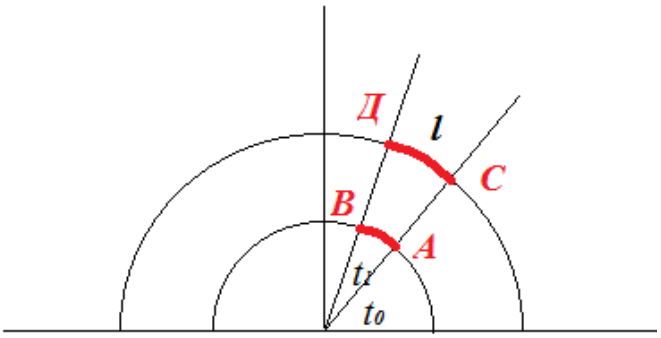


Рисунок 1. Модель Пуанкаре

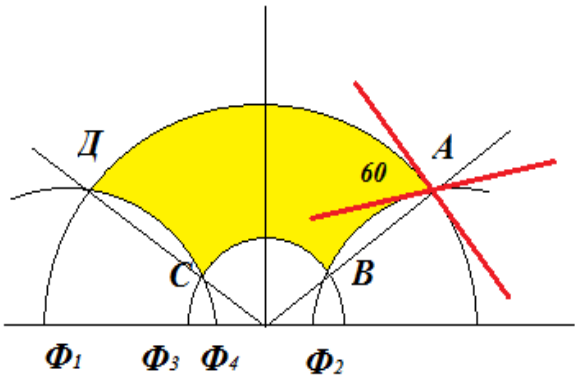


Рисунок 2. Квадрат

Подставив решение уравнения (4) в равенство (2) получим:

$$l_1 = ln\frac{1}{3-2\sqrt{2}} \tag{5}$$

Это и есть искомая длина стороны квадрата с углом 60º. Вершина $А$ квадрата $АВСД$ соответствует параметру t, который легко найти из выражения:

$$tg^2\left(\frac{t}{2}\right) = 3 - 2\sqrt{2} \tag{6}$$

Если выбрать такой квадрат в качестве фундаментальной области, то можно «замостить» плоскость Лобачевского этими квадратами без пропусков и наложений. При этом в узлах своеобразной «решетки» будут сходиться ровно шесть таких квадратов.

Выбор фундаментальных областей в плоскости Лобачевского велик. Число типов замощения бесконечно [2, с. 44]. Можно, например, построить замощение равносторонними треугольниками с углом 45 градусов или другими правильными многоугольниками. В модели Пуанкаре в круге замощение треугольниками будет иметь вид (рис. 3).

Если, например, последовательно отражать правильный шестиугольник относительно всех его сторон, то образы при отражениях покроют всю плоскость Лобачевского. По мере приближения к границе круга евклидовы изображения этих многоугольников все более уменьшаются. Этот процесс в своеобразной художественной манере показан на известной гравюре (рис. 4) голландского художника М.К. Эшера «Ангелы и дьяволы».

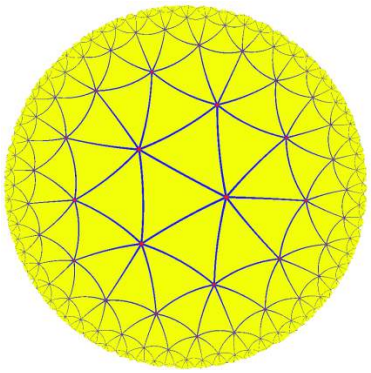


Рисунок 3. Замощение треугольниками

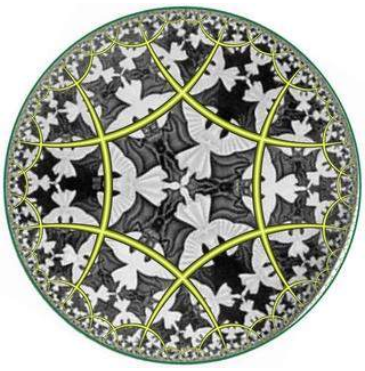


Рисунок 4. «Ангелы и дьяволы»

Сам Морис Эшер утверждал, что все его произведения – это игры. Однако в этих играх математики всего мира вот уже несколько десятилетий рассматривают абсолютно серьёзные, материальные доказательства идей, созданных с помощью исключительно математического аппарата [4].

Список литературы:

1. Бердон А. Геометрия дискретных групп / Пер. с англ. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 304 с.
2. Берже М., Геометрия: Пер. с франц. - М.: Мир, - 1984. – Т. 1. - 560 с.
3. Гильберт Д., Кон-Фоссен С. Наглядная геометрия. - М.: Наука. – 1981. – 344 с.
4. Биография Морис Корнелиус Эшер [Электронный ресурс] // Знаменитые люди планеты: сайт. – URL: http://persones.ru/biography-3186.html (дата обращения 14.09.2014).

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПОЛИАКРИЛАМИДНОМ ГЕЛЕ В ПРИСУТСТВИИ ДЕНАТУРИРУЮЩИХ АГЕНТОВ

Дмитриева Елена Дмитриевна
канд. хим.наук, доцент Тульского государственного университета
Горячева Анастасия Анатольевна
канд. хим.наук, доцент Тульского государственного университета
Сюндюкова Кристина Викторовна
аспирантка Тульского государственного университета

POLYACRYLAMIDE GEL ELECTROPHORESIS OF HUMIC ACID IN THE PRESENCE OF DENATURING REAGENTS
Dmitrieva Elena, candidate of chemical sciences, associate professor of Tula State University Tula
Goryacheva Anastasia, candidate of chemical sciences, associate professor of Tula State University Tula
Syundyukova Kristina, postgraduate student of Tula State University, Tula

АННОТАЦИЯ

Электрофорез в 15%-ном полиакриламидном геле в трис-боратной системе в присутствии комплекса денатурирующих агентов был использован для сравнительного анализа гуминовых кислот различного происхождения. Выявлены существенные различия в электрофоретическом фракционном составе гуминовых кислот торфов и сапропеля. Получены хорошо воспроизводимые электрофореграммы с разделением гуминовых кислот торфов на три дискретные зоны. Гуминовые кислоты сапропеля разделились на пять дискретных зон. Показано, что метод электрофореза в полиакриламидном геле может применяться для первичной сравнительной оценки состояния и происхождения гуминовых кислот.

ABSTRACT

The electrophoresis was in a 15% polyacrylamide gel in Tris-borate complex system in the presence of denaturing agents was used for the comparative analysis of the humic acids of various origin. Significant differences in electrophoretic fractional composition of humic acids of peat and sapropel. Obtained reproducible electrophoretogram division of peat humic acids into three discrete zones. Humic acid sapropel divided into 5 discrete zones. It was shown that the method of polyacrylamide gel electrophoresis can be used for the comparative assessment of the primary origin and humic acids.

Ключевые слова: гуминовые вещества, гель-электрофорез, фракционирование
Keywords: humic acieds, polyacrylamide gel electrophoresis, fractionation

Гуминовые вещества (ГВ) являются одним из основных компонентов почв, обусловливающих их генезис и эволюцию. Гуминовые кислоты участвуют в накоплении в почвах необходимых для жизнедеятельности элементов, формировании геохимических потоков минеральных и органических веществ, регулировании условий протекания внутрипочвенных процессов, нейтрализации неблагоприятных факторов среды.[1,2]

Многообразие функций гуминовых веществ определяет практическую важность разработки теоретических основ гумусообразования.

В настоящее время существенно расширяются представления в области молекулярных параметров гуминовых кислот, их молекулярно-массового распределения. Однако детальное исследование полидисперсности гуминовых кислот осложняется присущей им химической неоднородностью.

Вместе с тем, анализ отдельных фракций представляется более информативным подходом, чем исследование исходного, нефракционированного препарата гуминовых кислот вследствие уменьшения гетерогенности состава. Переход к анализу более однородных по размеру и составу фракций обеспечивает возможность получить более определенные данные относительно природы, строения и свойств гумусовых веществ.

Одним из эффективных методов фракционирования природных биополимеров является электрофорез, основанный на разделении макромолекул по таким параметрам как электрический заряд, размер (или молекулярная масса) и пространственная конфигурация [3].

Рядом исследователей [4, 5] была показана принципиальная возможность электрофоретического разделения ГВ по заряду. Различные варианты метода были использованы для анализа ГВ различного происхождения [6, 7], для сравнения водных и почвенных ГВ [8], а так же для оценки молекулярно-массовых трансформаций, происходящих в ГВ в процессе кислотного гидролиза [9].

Цель данной работы – применение электрофореза в полиакриламидном геле для сравнительного анализа препаратов ГВ, выделенных из двух торфов различного генезиса и сапропеля.

Объекты и методы.

В качестве объектов исследования были взяты два различных по генезису типа торфа: черноольховый низинный, сфагновый переходный и сапропель реки Упы Тульской области.

Черноольховый низинный торф состоит из остатков коры и древесины черной ольхи с остатками трав со степенью разложения 35% - 40%. Образован торф в карстовом обводненном болоте и залегает на глубине более 5 м.

*Сфагновый переходный торф о*бразован на сплавине толщиной 1,5м. Славина плавает на поверхности карстового провала, который имеет глубину 7м. Торф имеет низкую степень разложения 10-15%. Состоит из стеблей сфагновых мхов, остатков осок, пушицы, и клюквы.

Сапропель формировался на дне реки Упы Тульской области и состоит из остатков водорослей и в незначительном количестве высшей растительности

Гуминовые кислоты выделили по методике, рекомендованной Международным обществом по исследованию гуминовых веществ (подробную информацию о методе выделения гуминовых кислот можно найти на сайте www.ihss.gatech.edu).

Фракционирование гумусовых веществ проводили при комнатной температуре на приборе для вертикального электрофореза (VE-2M, Helicon), в 15% полиакриламидном геле. В качестве буфера геля применяли 0,089М *трис*-борат (pH=8,3) с 1мМ ЭДТА и 7М мочевиной. Персульфат аммония добавляли до концентрации 3мМ, N,N,N',N'–тетраметилендиамин до концентрации 1,5мМ. В качестве электродного буфера использовали 0,089М *трис*-борат (pH=8,3), 1 мМ ЭДТА. В качестве буфера для образцов использовали 0,089М *трис*-боратный буфер, содержащий 7М мочевину, 1% додецилсульфат натрия, 1мМ ЭДТА и глицерин для утяжеления образца [3]. Электрофорез вели в течении 1 часа при силе тока 25мА.

Для предотвращения диффузии естественно окрашенных зон гумусовых веществ сразу же после проведения электрофореза гель фиксировали в смеси этанол-уксусная кислота-вода (4,5:1:4,5) в течении часа.

Результаты и их обсуждение

Гуминовые вещества из *Черноольхового низинного* и *Сфагнового переходного торфов,* а также из *сапропеля* дна реки Упы были фракционированы электрофорезом в полиакриламидном геле. В качестве денатурирующих агентов в буфер для разрушения нековалентных связей и предотвращения образования ассоциатов добавляли 7М мочевину, в образцы ГВ кроме мочевины добавляли ДДС-Na, предотвращающий гидрофобное взаимодействие между молекулами. ГВ, выделенные из торфов разделились на три яркие естественно окрашенные электрофоретические зоны: А – стартовая зона, не проникшая в поры 15%-ного геля, С – широкая зона в средней части геля, Е – узкая зона в нижней части геля (рис.1).

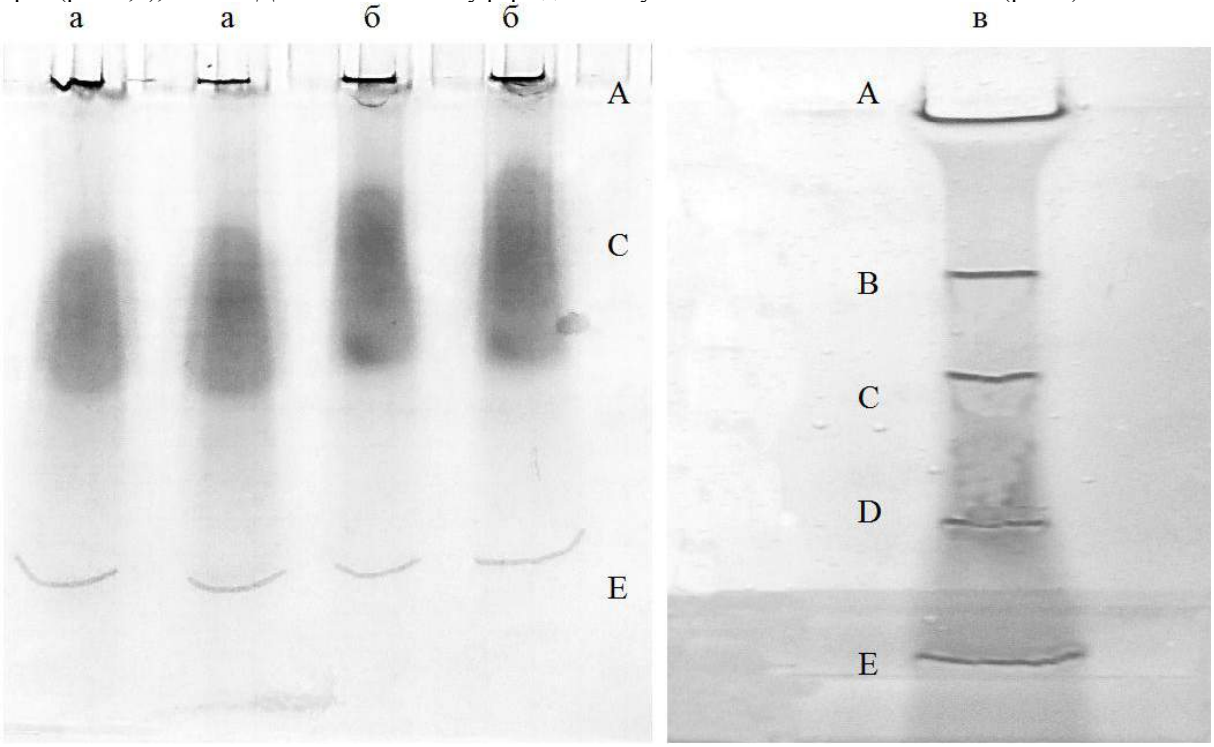


Рисунок 1. Электрофореграммы гуминовых кислот, выделенных из: а - Черноольхового низинного торфа, б - Сфагнового переходного торфов, в- Сапропеля, сформированного на дне реки Упы Тульской области. A,B,C,D и E – естественно окрашенные зоны ГВ.

ГВ из сапропеля разделились на пять дискретных зон: А – стартовая зона, не проникшая в поры 15%-ного геля; В, С, Д – узкие зоны в средней части геля, Е – узкая зона в нижней части геля. Авторами [8, 10] показано, что, независимо от генезиса ГВ, фракция А имеет ММ более 100 000 Да, фракции средней части геля (В, С, Д) имеют ММ от 30 000 до 100 000 Да, фракция Е – от 5000 до 30000 Да. Выявлено, что наиболее оптимальной концентрацией полиакриламидного геля для максимального разделения анализируемых образцов гуминовых кислот является 15%. На электрофореграммах гуминовых кислот вне зависимости от их происхождения отмечено значительное количество высокомолекулярной фракции А. Гуминовые кислоты торфов имеют одинаковое количество фракций, тогда как гуминовые кислоты сапропеля разделились на большее количество низкомолекулярных фракций. Столь значительные различия между торфяными и сапропелевыми гуминовыми кислотами указывают на различные механизмы и пути их образования. Исходным биоматериалом для образования гуминовых кислот торфов является высшая растительность, основу которой составляет целлюлоза и лигнин, поэтому они разделяются на меньшее число фракций, но характеризующихся более высокими значениями молекулярных масс. Кроме того, на молекулярный состав гуминовых кислот влияет возраст самого отложения, чем оно моложе, тем большее количество низкомолекулярных фракций входит в его состав. Доказательством могут служить гуминовые кислоты, выделенные из сапропеля – молодого образования. Они имеют в

своем составе большее число низкомолекулярных фракций.

На основании проведенных исследований использованный метод электрофореза в полиакриламидном геле может служить инструментом для оценки состояния и происхождения гумусовых веществ почв.

Список литературы:

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. – 287 с.
2. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд. МГУ, 1990. – 324 с.
3. Остерман Л.А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот. М.: Наука, 1981. Т.1. – 286 с.
4. Curvetto N.R. , Orioli G.A. Electrophoretic subfractionation of low and high molecular weight humic acid fractions// Plant and Soil. – 1982. – v.66. – p.205-215.
5. Каспаров С.В., Тихомиров Ф.А. и Флесс А.Д. Применение метода электрофореза для фракционирования гуминовых кислот// Вестник МГУ, сер. Почвоведение. –1981. –№ 1. – с.23-30.
6. Peuravuori J, Lepane V, Lehtonen T, Pihlaja K. Comparative study for separation of aquatic humic substances by capillary zone electrophoresis using uncoated, polymer coated and gel-filled capillaries// J Chromatogr A. – 2004. – Jan 9;1023(1). – P.129-42.
7. Karim, S., Aoyama M. Separation of Humic Acid Constituents by Polyacrylamide Gel Electrophoresis in the Presence of Concentrated Urea Using a Preparative Electrophoresis System// Functions of Natural Organic Matter in Changing Environment. – 2013. –P. 135-140.
8. Трубецкой О.А., Трубецкая О.Е. Сравнительный электрофоретический анализ почвенных, речных и озерных гуминовых веществ //Почвоведение. – 2004. №11. – С. 1321-1324.
9. Трубецкой О.А., Трубецкая О.Е., Афанасьева Г.В., Резникова О.И., Сайз-Хименз Ц. Электрофоретический анализ гумусовых веществ и продуктов их кислотного гидролиза// Почвоведение. – 2001. №10. – С1203-1233.
10. Cavani L., Ciavatta C., Trubetskaya O.E.,Afanas'eva G.V., Reznikova O.I., Trubetskoj O.A. Capillary zone electrophoresis of soil humic acid fractions obtained by coupling SEC-PAGE//Jounal jf Chromatography A. – 2003. V.938. – P.263-670.

ВЫДЕЛЕНИЕ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА ИЗ ЛАТЕКСА КОМПЛЕКСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ КАТИОННОГО ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТА В СОЧЕТАНИИ С МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Шульгина Юлия Евгеньевна

Аспирант, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия

Никулина Надежда Сергеевна

Кандидат технических наук, преподаватель кафедры пожарной безопасности технологических процессов Воронежского института Государственной противопожарной службы МЧС России.

Никулин Сергей Саввович

Доктор технических наук, профессор кафедры технологии органического синтеза и ВМС Воронежского государственного университета инженерных технологий, Россия

EXTRACTION STYRENE-BUTADIENE RUBBER FROM LATEX COMPLEX EFFECT OF A CATIONIC POLYELECTROLYTE COMBINED WITH THE MAGNETIC FIELD

Yulia Shulgina, Postgraduate student of Voronezh State University of Engineering Technologies

Nadezhda Nikulina, Ph.D., lecturer of Voronezh Institute of State Firefighting Service of Ministry Of Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,

Sergei Nikulin, Doctor of Technical Sciences, professor of Voronezh State University Engineering Technologies

АННОТАЦИЯ

В работе исследовали применение магнитного поля в сочетании с катионным полиэлектролитом N,N-диметил-NN-диаллиламмонийхлорида с диоксидом серыдля выделения бутадиен-стирольного каучука из латекса СКС-30 АРК. Получено снижение расхода коагулянта с 3,5-4,0 до 2,5-3,0 кг/т каучука. Изготовленные резиновые смеси и вулканизаты, на основе выделенных каучуков отвечают предъявляемым требованиям. Применение данного коагулянта в сочетании с магнитной обработкой позволяет исключить применение минеральных солей в технологии выделения каучуков из латексов, связать биологически неразлагаемый компонент эмульсионной системы в нерастворимый комплекс, который захватывается крошкой каучука, уменьшить нагрузку на очистные сооружения.

ABSTRACT

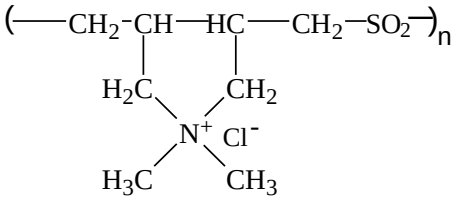
In this paper we studied the application magnetic field for allocation of styrene-butadiene rubber latex SKS-30 ARCin the presence of copolymer poly-N,N-dimethyl-N,N-diallilammonychloride to sulfur dioxide. Obtained reduction of coagulant 3,5-4,0 to 2,5-3,0 kg/ton of rubber. All rubber compounds and vulcanizates based on isolated rubber meet the necessary requirements. Application of coagulant combined with the magnetic treatment allows excluding the use of mineral salts in the technology of rubber getting to connect biodegradable components of the emulsion system in an insoluble complex that is trapped by a rubber crumb to reduce the load on the sewage treatment plant.

Ключевые слова: синтетические эмульсионные каучуки; латекс; коагуляция; магнитное поле.

Keywords: synthetic emulsion rubbers; latex; coagulation; magnetic field.

В настоящее время производство синтетического каучука активно развивается, на рынке представлено большое разнообразие выпускаемой продукции. Получение эмульсионных каучуков в России сосредоточено на крупных заводах, расположенных в таких городах как: Воронеж, Красноярск, Омск, Стерлитамак, Тольятти. Одной из ключевых стадий получения эмульсионных каучуков является латексов с получением крошки каучука. При этом происходит потребление колоссального количества невозобновляемого природного сырья и образование большого количества отходов, что оказывает отрицательное влияние на окружающую среду, включая воздушный и водный бассейны [1]. Вплоть до последних лет коагуляцию эмульсий проводили традиционным применением солейметаллов первой и второй группы периодической системы Менделеева.

В настоящее время в литературных источниках предлагается значительные количества органических и неорганических коагулянтов как синтетического, так и природного происхождения, позволяющих существенно снизить, а в ряде случаев и полностью исключить применение минеральных солей в технологии выделения каучука из латекса. Одним из таких коагулянтов является сополимер поли-N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида с SO_2. В соответствии с санитарно-эпидемиологическим заключением (№ 2 БЦ.01.2.48.П.000651.05.02 от 16.05.2002г.) он предназначен для применения в цинкатных электролитах в гальванотехнике. Структура чередующегося сополимера ВПК-10 может быть представлена формулой:



Существенным недостатком ВПК-10 является его высокая стоимость, что сдерживает его активное внедрение в технологический процесс выделения каучука из латекса. Поэтому снижение расхода дорогостоящего и дефицитного коагулирующего агента является важной и актуальной задачей, позволяющей решить как экономические, так и экологические проблемы.

Интерес к использованию данного коагулянта базируется на том, что он может взаимодействовать с компонентами эмульсионной системы (мыла канифоли, таллового масла, сульфокислоты, лейканол) с образованием нерастворимых комплексов, которые захватываются образующейся крошкой каучука и не сбрасываются со сточными водами на очистные сооружения. При подкислении среды образовавшийся продукт может взаимодействовать с серной кислотой с выделением свободных жирных кислот. При обработке щелочью выделенных кислот они вновь переходят в мыло [2].

В последнее время проявляется интерес к применению различных физических полей в технологическом процессе производства синтетических полимеров. Так, в работе [5] образцы разбавленного латекса бутадиен-стирольного каучука СКС-30 АРК подвергали ультразвуковому воздействию с помощью генератора марки УЗГ 13-0,1/22. Установлено, что ультразвуковое воздействие в течение 60 минут способствует снижению поверхностного натяжения латекса с 67 до 60 мН/м.

Однако воздействие сильных физических полей может приводить к значительному изменению свойств материала, а при достаточной интенсивности – к полному его разрушению. При этом, по мнению авторов [3], в полимерах могут происходить следующие процессы и изменения свойств: при действии невысокого ИК излучения повышается температура материала, происходит расстекловывание и последующее плавление термопластичных материалов; при действии лазерного излучения в ИК–диапазоне протекает местный нагрев материала, сопровождающийся структурными изменениями; при воздействии излучений энергией высокого кванта происходит фотохимический распад химических связей, ионизация атомов и протекание вторичных химических реакций.

Становится очевидным, что использование такого рода воздействия чревато получением каучука, несоответствующего стандартным характеристикам по физико-механическим показателям. Можно предположить, что положительное влияние на процесс выделения каучука из латекса могут оказать слабые физические поля и, в частности, постоянное магнитное поле. Эти исследования тем более представляют интерес, т.к литературных данных по применению магнитного поля в технологии выделения каучуков из латексов обнаружено не было. Известны положительные результаты, полученные при использовании магнитных полей при отверждении мочевиноформальдегидных смол [4]. Применение данных полей позволило повысить прочностные показатели клеевого соединения [6].

Изучение влияния магнитного поля на процесс коагуляции проводили на каучуковом латексе СКС-30 АРК выпускаемом в промышленных масштабах.

Латекс СКС-30 АРК помещали в стеклянную кювету размером 15×30×50мм, подвергали обработке магнитным полем различной интенсивности в течение 1, 5, 15, 25 минут. Затем кювету с латексом извлекали из установки и проводили его коагуляцию путем введения заданных количеств водного раствора ВПК-10 с концентрацией ~2%. Коагуляцию проводили по общепринятой методике, описанной в работе [7]. Выделение каучука из латекса проводили при 20±2 °С. После введения в латекс расчетного количества ВПК-10 его перемешивали в течение 2 минут и вводили раствор серной кислоты (концентрация ~ 2,0 %) до pH среды 2,5-3,0. Перемешивание продолжали еще в течение 2-3 минут, после чего извлекали образовавшуюся крошку каучука из водной фазы (серум), измельчали, промывали дистиллированной водой и сушили при температуре 80-85 °С до постоянной массы.

Проведенные экспериментальные исследования по влиянию расхода ВПК-10 на процесс выделения каучуковпоказали, что количество образующегося коагулюма имеет экстремальную зависимость, которая может быть связана с тем, что при повышенных расходах флокулянта происходит перезарядка системы и флокулянт начинает выполнять функцию стабилизатора, Поэтому происходит снижение эффективности выделения каучука. Таким

образом, проведенные исследования показывают, что использование в качестве коагулирующего агента ВПК-10 будет требовать соблюдения точных его дозировок.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, во-первых, что обработка латекса магнитным полем перед введением ВПК-10 и серной кислоты приводит к снижению расхода коагулянта с 3,5-4,0 до 2,5-3,0 кг/т каучука. По-видимому, это связано с тем, что в процессе магнитной обработки происходит частичная десорбция стабилизатора с поверхности латексных частиц в водную фазу латексной системы.

Во-вторых, продолжительность обработки латекса магнитным полем в течение пяти минут и более приводит к полному выделению каучука из латекса при расходе ВПК-10 ~3,0 кг/т каучука и величине напряженности магнитного поля $8 \cdot 10^4$ А/м и ~2,5 кг/т каучука при напряженности магнитного поля $22 \cdot 10^4$ А/м. При отсутствии воздействия магнитного поля на латекс коагуляцию достигали при расходе ВПК-10 ~4,0 кг/т каучука.

Исследования показали, что все полученные образцы каучуков полностью удовлетворяли требованиям ГОСТ и ТУ.

Таким образом, применение в технологии выделения каучука из латекса катионного полиэлектролита в сочетании с магнитным полем позволяет снизить на 25-30% расход дорого и дефицитного коагулирующего агента.

Список литературы:

1. Аверко-Антонович И.Ю. Синтетические латексы. М.: Альфа-М, 2005. 125 с.
2. Гаршин А.П, Никулин С.С., Рыльков А.А., Слукина З.Д, Смурыгина В.П., Шаповалова Н.Н. // Произв-во и использ. эластомеров, 1996. Т. 5, С. 8-10.
3. Иванов В.С. Радиационная химия полимеров. Л.: Химия, 1999. 320 с.
4. Никулин С.С., Попов В.М., Латынин А.В., Шендриков М.А. // ЖПХ . 2013. Т. 86. Вып. 4. С. 643-646.
5. Останкова И.В., ВережниковВ.Н.Корчагин, А.В.Протасов // Материалы научно-практической конференции «Проблемы и инновационные решения в химической технологии» «ПИРХТ». Воронеж, ООО «Издат-черноземье», 2013. С. 278-280.
6. Пат. 2439115 РФ, МПК C09J5/00. (2011). Способ склеивания древесных материалов.
7. Пояркова Т.Н., Никулин С.С., Пугачева И.Н., Кудрина Г.В., Филимонова О.Н. Практикум по коллоидной химии латексов. М.: Издательский дом Академии Естествознания. 2011. 124 с.

СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОСНОВНЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ СУИЦИДАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

Чернышёва Ольга Валериевна
кандидат социологических наук, доцент, Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт) имени генерала армии В. Ф. Маргелова, г. Рязань

THE MAJOR DETERMINANTS OF SUICIDAL BEHAVIOR SOLDIERS

Chernysheva Olga, PhD of Sociology, assistant professor, Department of Humanities and Natural Sciense, Ryazan Higher Airborne Command School (Military Institute) Name after Army General V.F. Margelov (Ryazan)

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются группы факторов и причин, детерминирующих суицидные тенденции военнослужащих.

Ключевые слова: суицид; детерминанты суицида; микрофакторы суицида; нервно-психическая неустойчивость.

ABSTRACT

The article deals with a group of factors and causes that determine the suicidal tendencies of the military.

Keywords: suicide; determinants of suicide; microfactors of suicide; neuro-psychological instability.

Наиболее драматичным явлением в повседневной деятельности воинских коллективов являются самоубийства военнослужащих. Для Вооруженных Сил Российской Федерации в современных условиях эта проблема приобретает все большую актуальность. Эффективная социальная, психологическая и медицинская профилактика суицидов, осуществляемая должностными лицами воинских частей, возможна только на основании понимания ими объективно-субъективных причинно-следственных связей и закономерностей этого социально-негативного явления [1, 3, 7, 8, 9, 10].

В настоящее время все позитивные и негативные поведенческие тенденции и закономерности, свойственные обществу, в полной мере проявляются в поведении военнослужащих. Вооруженные Силы – это социальная организация со своими специфическими социальными нормами, в которой поведение военнослужащих более жестко регламентировано в отличие от других членов общества. Военнослужащие имеют большую вероятность отклониться от норм, так как социальное пространство и нормативно-правовая система Вооруженных Сил предъявляет им меньшую степень свободы в выборе поведения.

Изучение обстоятельств суицидальных происшествий в ВС РФ показало, что более 80 % суицидентов – это практически здоровые лица, попавшие в острую психотравмирующую ситуацию [4, 5, 6].

Самоубийство как один из видов социальных отклонений находится в ряду основных причин смертности военнослужащих ВС РФ в мирное время.

На основании анализа научной литературы [1, 2, 3] могут быть выделены несколько групп факторов и причин, детерминирующих суицидные тенденции военнослужащих.

К *группе внешних (социальных) детерминант* относятся как макрофакторы среды (социально-экономические, политические, духовно-нравственные, демографические), так и микрофакторы суицида (социально-педагогические особенности воспитания и социализации военнослужащего до его службы): неблагоприятная семейная обстановка, неполная семья и ряд других факторов.

К *группе внутренних факторов* относятся психологические и возрастные особенности личности, специфические для подросткового и юношеского возраста.

К *группе служебно-профессиональных факторов* относят условия и обстоятельства, провоцирующие суицидальные явления, такие как, адаптационные трудности и нарушение уставных правил взаимоотношений. К числу других условий и обстоятельств, способствующих проявлению суицида, относятся: недостатки в организации воспитательной работы офицеров, их слабая подготовленность к работе с людьми в целом, разнообразные заблуждения и предубеждения по вопросам профилактики самоубийств, а так же недостатки в организации быта и досуга и другие.

Так же выделяют *социально-ситуативные факторы* и *личностные факторы*.

Социально-ситуативные факторы определяют наличие у военнослужащего отклонений от социальных и культурных норм поведения (включая противоправное и преступное поведение), требуют постоянного и усиленного контроля и интенсивного воспитательного воздействия (индивидуальной и социально-психологической коррекции). Основными социально-ситуативными факторами, приводящими к совершению суицидов военнослужащими следует считать следующие:

- склонность к суицидам;
- наличие факторов судимости за уголовные преступления;
- склонность к самовольному оставлению части; низкий уровень культуры и общего развития;
- наличие фактора воспитания в неблагоприятной семье;
- приводы в милицию;
- наличие тяжелобольных родственников или родителей;
- неуравновешенность и необщительность;
- низкий уровень адаптационных способностей;
- негативное отношение к военной службе [3].

Личностные факторы представляют собой совокупность *психоневрологических и психофизиологических факторов*. Психоневрологические факторы означают наличие у военнослужащих нервно-психической неустойчивости и патологии.

Нервно-психическая неустойчивость характеризует адаптационные способности личности к деятельности в неблагоприятных условиях профессиональной

среды. Это понятие объединяет явные или скрытые нарушения эмоциональной, волевой, интеллектуальной регуляции. Далеко не каждая профессиональная деятельность приводит к срывам адаптационных механизмов у конкретного индивида, а только та, которая предъявляет ему непосильные для него требования или осуществляется в непривычных и даже экстремальных условиях.

Психофизиологические факторы означают наличие у военнослужащих психологических и психофизиологических особенностей личности, препятствующих освоению военных специальностей.

Среди *личностных факторов, приводящих к суициду,* можно выделить следующие:

- жалобы на нервно-психическое здоровье;
- странность поведения и высказываний, включая суицидальные;
- признаки психического недоразвития;
- выраженные характерологические особенности с психопатоподобным поведением;
- лечение или нахождение на учете у психиатра и нарколога до призыва в армию;
- черепно-мозговые травмы, нейроинфекции, соматические заболевания, сопровождающиеся психотическими расстройствами;
- систематическое употребление алкоголя и наркотических веществ;
- признаки депрессии;
- признаки навязчивости (навязчивые страхи, сверхценные идеи);
- признаки астенизации;
- социальная дезадаптация;
- наследственность, отягощенная психическими расстройствами [3].

Оптимальность работы офицерского состава по предотвращению суицида в воинском подразделении представляется в следующем:

1) офицер должен обладать психолого-педагогической компетентностью, умением распознать факторы группового и индивидуального суицидального риска, определяющие повышенную вероятность возникновения суицидального поведения, т. е. общий суицидальный риск, своевременно устранять их действия на личность военнослужащего;

2) офицер должен уметь строить профилактическую индивидуальную работу с военнослужащими, находящимися в состоянии психологического кризиса. При этом для определения степени суицидального риска необходимо выявлять и сопоставлять как про-, так и антисуицидальные предпосылки. На индивидуальном уровне – это устойчивое позитивное отношение военнослужащего к жизни и негативное – к смерти, широта диапазона знаемых и субъективно приемлемых путей разрешения конфликтных ситуаций, эффективность механизмов психологической защиты, высокий уровень социализации личности. Конкретными формами выражения антисуицидальных личностных факторов могут быть, например, следующие: эмоциональная привязанность к значимым близким, родительские обязанности, выраженное чувство долга, боязнь причинить себе физическое страдание, представление о позорности и греховности суицида, представления о неиспользованных жизненных возможностях и т. д. Чем больше отмечено антисуицидальных факторов в отношении к данному военнослужащему, тем прочнее его антисуицидальный барьер, тем менее вероятны суицидальные действия, и наоборот.

Литература:

1 Боенко, А. Н. Суицидальное поведение военнослужащих срочной службы и его предупреждение: дис. кандидата психологических наук. – М.: ГАВС, 1983. – С. 252.

2 Дмитриков С. Психологические особенности суицидального поведения военнослужащих и его профилактика // Ориентир. – 2006. № 9.

3 Организация психологической работы по профилактике гибели военнослужащих в результате суицидальных происшествий // Методические рекомендации в схемах и комментариях / Коллектив авторов. – М.: ИТ «Красная звезда», 2006. – 64 с.

4 Чернышёва О. В., Блохин М. В. Работа командира по профилактике суицидального поведения военнослужащих / О. В. Чернышёва, М. В. Блохин // Социально-экономические и правовые меры борьбы с правонарушениями: материалы научно-практической конференции г. Рязань, 06 июня 2012 г. часть III / Под общ. ред. к. ю. н. Д. Н. Архипова, науч. ред. к. ю. н. А. С. Ханахмедова. – Рязань: Рязанский филиал Московского университета МВД России, 2012. – 158 с. – С. 18–20.

5 Чернышёва О. В., Блохин М. В. Деятельность командира подразделения по профилактике отклоняющегося поведения у военнослужащих / О. В. Чернышёва, М. В. Блохин // Социально-экономические и правовые меры борьбы с правонарушениями: материалы научно-практической конференции г. Рязань, 07 июня 2013 г / Под общ. ред. к. ю. н. Д. Н. Архипова, науч. ред. к. ю. н. А.С. Ханахмедова. – Рязань: Рязанский филиал Московского университета МВД России, 2014.

6 Чернышёва О. В. Особенности отклоняющегося поведения в условиях военной службы / О. В. Чернышёва, А. И. Глухов // Социально-экономические и правовые меры борьбы с правонарушениями: материалы научно-практической конференции г. Рязань, 07 июня 2013 г / Под общ. ред. к. ю. н. Д. Н. Архипова, науч. ред. к. ю. н. А. С. Ханахмедова. – Рязань: Рязанский филиал Московского университета МВД России, 2014.

7 Чернышёва О. В. Специфика суицидов в условиях военной службы / О. В. Чернышёва, А. И. Глухов // Социально-экономические и правовые меры борьбы с правонарушениями: материалы научно-практической конференции г. Рязань, 06 июня 2012 г. часть III / Под общ. ред. к. ю. н. Д. Н. Архипова, науч. ред. к. ю. н. А. С. Ханахмедова. – Рязань: Рязанский филиал Московского университета МВД России, 2012. – 158 с. – С. 36–38.

8 Чернышёва О.В. Организация психологической работы по профилактике гибели военнослужащих в результате суицидальных происшествий // Социально-экономические и правовые меры борьбы с правонарушениями: материалы научно-практической конференции г. Рязань, 06 июня 2012 г. часть III / Под общ. ред. к. ю. н. Д. Н. Архипова, науч. ред. к. ю. н. А. С. Ханахмедова. – Рязань: Рязанский филиал Московского университета МВД России, 2012. – 158 с. – С. 95–99.

9 Чернышёва О.В. Профилактика гибели военнослужащих в результате суицидальных происшествий: взгляд социолога // Российский научный журнал, № 6 (31). – 2012. – С. 54–63.

10 Чернышёва О.В. Психологические особенности суицидального поведения военнослужащих // Башкатовские чтения «Психология притеснения и деструктивного поведения, профилактика ксенофобии, экстремизма в подростковой среде». Материалы одиннадцатой Всероссийской научно-практической конференции; г. Коломна, 15–16 апреля 2011 г. / Под ред. М. Н. Филиппова. – Коломна: ГОУ ВПО «МГОСГИ», 2011. – С. 154–157.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ ПРОМЕШЕННЫХ РАБОЧИХ.

Горохов Антон Анатольевич
Главный специалист администрации Железнодорожного района, город Пенза

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF INDUSTRIAL WORKERS.
Gorohov Anton, Chief specialist of the Zheleznodorozhny district administration, Penza

АННОТАЦИЯ

Корректировки требуют и педагогические технологии подготовки промышленных рабочих. Понятие "технология обучения", или педагогическая технология на сегодняшний день является общепринятым в традиционной педагогике. В документах ЮНЕСКО технология обучения рассматривается как системный метод создания, применения и определения всего процесса преподавания и усвоения знаний с учетом технических и человеческих ресурсов и их взаимодействия, ставящий своей задачей оптимизацию форм образования.

ABSTRACT

Adjustments require and educational technology training of industrial workers. The concept of "technology of study", or pedagogical technology today is commonly understood in the traditional pedagogy. In documents of UNESCO education technology is seen as a systematic method of creation, application and definitions of all the process of teaching and learning, taking into account the technical and human resources and their interactions with the task of optimization of forms of education.

Ключевые слова: интернет-коммуникации.

Keywords: internet-communication.

С одной стороны, технология обучения - это совокупность методов и средств обработки, представления, изменения и предъявления учебной информации, с другой - это наука о способах воздействия преподавателя, мастера-наставника на учеников в процессе обучения с использованием необходимых технических или информационных средств. В технологии обучения содержание, методы и средства обучения находятся во взаимосвязи и взаимообусловленности. Педагогическое мастерство преподавателя и мастера-наставника состоит в том, чтобы отобрать нужное содержание, применить оптимальные методы и средства обучения в соответствии с программой и поставленными образовательными задачами.

Инновационные социальные и педагогические технологии совершенствования системы переподготовки и повышения квалификации должны осуществляться через виртуальные интернет-каналы, организованные по принципу сетевого образовательного сообщества. Виртуальный канал предоставляет возможность освободиться от зависимости профессиональных производителей информации осуществлять взаимообмен информацией с разными людьми и одновременно, и «напрямую». От этого их неформальное общение не перестаёт быть деловым и решать определённые задачи.

Технически это можно сделать, открыв страницу образовательного сообщества в сети «вконтакте». Руководитель программы подготовки рабочих, или руководитель структурного подразделения инициируют создание страницы определённого сетевого сообщества, члены этого сообщества (формальные и неформальные) регулярно выкладывают свои наработки: видео, аудио лекции, презентации по интересующим образовательного сообщество проблемам. Пример таких ресурсов: http://vk.com/away.php?to=http%3A%2F%2Fastvatsaturov.com

Зайдя на сайт, или страницу в сетевом сообществе посетитель может связать с преподавателями, тьютерами, участниками образовательной сети получить консультацию по интересующим вопросам, выбрать удобное для него время для занятия ознакомления с образовательным материалом, познакомиться с участниками этого неформального образовательного сообщества. Интернет-коммуникации в области организации образовательной деятельности обладают поистине неограниченными возможностями. Главное преимущество таких каналов заключается в том, что здесь происходит более свободная трансляция информации, то есть передача непроверенных фактов, мнений, предложений, подозрений, которые не могут передаваться по формальным каналам. В большей степени значение придаётся неформальному общению, с помощью которого будет осуществляться правка и подъём социального лифта.

Необходимо заметить, что подобное общение чаще всего возникает не только в процессе прямого контакта участников образовательного сообщества , но также и в виртуальном пространстве. В этом плане к этой форме относится общение: на интернет-форумах, в интернет-чатах, посвящённым конкретным технологиям выполнения той или иной работы, темам и находящихся на сайтах, на online-страницах электронных версий различных СМИ и интернет изданий. В любом случае при обсуждении того или иного вопроса и события у каждого участника приобретается свой взгляд на происходящее, основанный на личных знаниях и опыте, догадках и предположениях.

Чтобы обеспечить эффективное взаимодействие между участниками виртуального образовательного пространства, можно использовать следующие инструменты работы и коммуникации:

1) Признание существования качественного неформального общения внутри образовательных сообществ;

2) Выявление лидеров в каждой неформальной группе, привлечение к процессу принятия решений и учет их мнения, поощрение тех, кто участвует в решении поставленных задач;

3) Проверка всевозможных коммуникационных комбинации на их возможное отрицательное влияние на формальные и неформальные группы;

4) Мобильное обеспечение точной информацией коллектива сообщества, чтобы препятствовать распространению ложных слухов.

5) Распределение лидерами участникам образовательного индивидуальных целевых ролей должно обеспечить необходимую и качественную работу как внутри, так и за его пределами:

- инициирование деятельности, то есть предложение новых решений, идей, поиск новых подходов к самоорганизации;
- поиск информации, необходимой для решения сообществом поставленных задач и разъяснения выдвинутых предложений;
- сбор мнений членов сообщества, выяснение их отношения к обсуждаемым вопросам, уяснение их идей, ценностей;
- увязка различных идей, предложений на решение проблемы и обобщение их в окончательном решении;
- проработка – разъяснение решения, прогнозирование его судьбы, если оно будет принято;
- побуждение – стимулирование действий группы, когда интересы и мотивы её участников угасают, «поддерживающие роли».

Сетевое общение в виртуальном пространстве придаёт новую организационную форму формальным и неформальным связям, которая доказывает своё совершенство и перед крупными иерархическими корпорациями – с одной стороны, и перед хаотическими рыночными отношениями, с другой. Интернет – это и реально существующая сеть, и (в несколько ограниченном, но принципиально важном смысле) сообщество, разделяющее одни и те же ценности.

Интернет-ресурсы для образовательных сообществ оказываются значительно более эффективным каналом по сравнению с традиционными СМИ – минимальные издержки на создание и поддержку, а также рекламу при максимальной обратной связи.

В современных условиях российского общества особенно важным является целенаправленное конструирование новых образовательных сообществ в сети, призванных обеспечить принципиально большую эффективность межличностного общения по сравнению с обычными для интернета более или менее стихийными механизмами взаимодействия – онлайн-конференциями, чатами, списками рассылки, веб-форумами и др.

Общение через Интернет распространяется далеко за пределы конкретного профессионального сообщества и охватывает широкое разнообразие промежуточных социальных групп. Интернет позволяет участникам образовательных сообществ действовать скоординировано как объединение независимых индивидов, имеющих корпоративный имидж для достижения согласованных целей и развивающих в таких условиях собственную инфраструктуру.

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ АУТЕНТИЧНОСТИ В ИНТЕРАКТИВНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Хохлова Валентина Васильевна
доктор социологических наук, профессор Нижегородского государственного технического университета?
Малахова Юлия Витальевна
кандидат социологических наук, зав. кафедрой Института пищевых технологий и дизайна, филиала ГБОУ ВО «Нижегородский инженерно-экономический институт
Штольц Маргарита Витальевна
кандидат философских наук, зам. начальника коммерческого отдела Нижегородского института управления Академии при Президенте РФ

THE ROLE AND IMPORTANCE OF AUTHENTICITY IN INTERACTION

Khokhlova Valentina, doctor of sociological sciences, , professor of the Nizhny Novgorod State Polytechnic University, Nizhniy Novgorod
Malakhova Julia, Candidate of sociology, chair-chief of Food Technologies and Design Institute, department of "The Nizhny Novgorod State Engineer-Economic Institute", Nizhniy Novgorod
Stolz Margarita, Candidate of philosophy, Nizhny Novgorod Management Institute, the department of Russian Academy of National Economy and State Service, Nizhniy Novgorod

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена анализу понятия аутентичности как естественности в интерактивном взаимодействии и личностных проявлениях. Аутентичная личность вовлечена в происходящее и проявляет непосредственное эмоциональное отношение к нему. Проявление своего естества увеличивает эффективность взаимодействия в реалиях современного информационного общества и мировой рыночной экономики, способствуя успешной самоактуализации и самореализации.

ABSTRACT

The article is dedicated to the analyze of the idea of authenticity as spontaneity in the interactions and personal manifestations. Authentic person is involved into happening and shows direct emotional relation to it. The manifestation of one's nature increases the effectivity of interaction in reality of modern information society and world market economy contributing successful self-actualization and self-realization.

Ключевые слова: аутентичность; непосредственное эмоциональное отношение; реалии современного информационного общества; самоактуализация; самореализация.

Keywords: authenticity; direct emotional relation; reality of modern information society; interactions; self-actualization; self-realization.

Аутентичность – мой козырь. Вы постоянно в работе? Вы только о ней и думаете? И больше ни о чём другом? Это неправильно! Вы оказываете себе медвежью услугу. Вы совсем забыли про аутентичность – а она очень желательна. Но при условии, что Вы не выплеснете своё плохое настроение сию минуту на своих коллег.

Утро. Булочная. Привередливая покупательница треплет нервы продавщице и всё более увеличивающейся очереди. Три или четыре булочки? С маком или без? Нет, лучше с маком. Внезапно нерешительная дама обнаруживает в булочке проросшее зерно. Она требует пекаря и тиранит его вопросами о составе муки, о добавках, о возможных аллергиях. Наконец она решается на две булочки без мака и протягивает 1000-рублёвую купюру для оплаты. Продавщица взрывается: «Утро! Где я возьму Вам сдачу?»

Обе дамы по-своему аутентичны. Одна дала волю своему гневу, другая проявила свои эмоции. Они обе показали своё настоящее «Я». Можно себе представить, как реагировала на это очередь [1, с. 51-52].

Аутентичность – это ненаигранная естественность в обращении и личностных проявлениях. Аутентичность (от древнегреческого αὐθεντικός –подлинный) относится к правильности начал, свойств, взглядов, чувств, намерений; искренности, преданности [7]. В психологии аутентичность обозначается как конгруэнтность (Grinder J., Bandler R. – соавторы нейролингвистического программирования [3]), свобода (Ф. Г. Олпорт [Allport F.H.; 2]), самоактуализация (Маслоу [Maslow A.H.; 4]),. В гуманистической психологии и психотерапии аутентичность отражает одну из важнейших интегративных характеристик личности [8]. Термин активно использовался Карлом Рэнсомом Роджерсом (1901 – 1987 гг.; Rogers C. R. [5]), одним из создателей и лидеров гуманистической психологии, считавшим фундаментальным компонентом структуры личности «я-концепцию», рождающуюся в процессе взаимодействия, и определившим самоактуализацию как врождённую тенденцию к росту и развитию человека. К. Р. Роджерс признавал за аутентичностью способность человека в интерактивном взаимодействии отказываться от различных социальных ролей (врача, психотерапевта, продавца, педагога, менеджера и т. п.), проявляя при этом подлинные, свойственные только ему мысли, эмоции и поведенческие реакции. Он утверждал, что аутентичность, естественность в поведенческих проявлениях является основным критерием в определении коммуникабельности человека. Аутентичные личности расцветают и в этом расцвете обретают силу. Наряду со способностью к безусловному принятию партнёра и эмпатии во взаимодействии с ним аутентичность является обязательной составляющей эффективного человеческого общения. В психологическом контенте аутентичности заложено согласованное, целостное, взаимосвязанное проявление основных психологических процессов и механизмов, обусловливающих личностное функционирование. Проявление или непроявление аутентичности при этом наблюдается в процессе столкновения личностных мотивов и интересов с социальными нормами, а также с доминирующими тенденциями общественного сознания. В такой ситуации аутентичное поведение предполагает цельное переживание непосредственного опыта, не искаженного психологическими защитными механизмами. Человек вовлечен в происходящее и проявляет непосредственное эмоциональное отношение к нему. Его мысли и действия в полной гармонии с его эмоциями. Конгруэнтность поведения оценивается с точки зрения стороннего наблюдателя, а информация, поступающая от него по вербальному и невербальному каналам, является согласованной. Многие рекламируют себя как исключительно аутентичную персону во взаимодействии со своим окружением, однако на самом деле речь идёт об отсутствии самодисциплины и уважения к окружающим.

«Собственно говоря, я совсем другой, но я очень редко им становлюсь», – сказал один из героев пьес Эдёна фон Хорвата, австрийского писателя и романиста (1901 – 1938 гг.). Люди очень охотно «ныряют» в омут не свойственной им роли чаще всего в профессиональных буднях. Они убеждены: если ты хорошо спрятался, до тебя не доберутся страшные акульи челюсти твоих заклятых друзей. Если ты сервилен и стелешься перед начальством, ты выживешь в джунглях офиса. Они ошибаются.

Такие люди сильно теряют в уважении. Они так прочно закрываются в своём футляре, что больше не кажутся естественными и даже теряют свою харизму. Те же, кто не старается казаться кем-то другим, а проявляет своё естество, гораздо более убедительны во взаимодействии с другими.

Психологи советуют проявлять свою индивидуальность и действовать аутентично. Ушедший в себя и напряжённый, как сжатая пружина, человек теряет свою убедительность, он не сможет руководить людьми. Поэтому показывайте всему миру: «Эй, послушайте, я тоже кое-что могу!» Будьте естественны, открыты, проявляйте эмоции. Это вовсе не значит, что можно рулить по жизни, как Бог на душу положит, пересекая все сплошные линии и выезжая на встречную полосу, а отсутствие контроля над эмоциями называть «аутентичностью». Это бессовестная эксплуатация модного слова.

В профессиональных буднях люди часто проявляют две крайности: они либо натягивают на себя маску невозмутимого игрока в покер, либо насмехаются над коллегами, что те дома сидят под каблуком у жены (тёщи, мужа, свекрови и т. д.): «Я такой по жизни! Я всегда бушую! Ко мне уже привыкли и терпят меня таким».

Эффективные стратегии поведения выглядят подругому. Разумеется, нет нужды объявлять во всеуслышание: «Моя жена вчера изменила мне!», можно просто спокойно посетовать: «Сегодня не мой день, мне сегодня плохо, не трогайте меня!» Вас же не ударят по голове, просто оставят в покое. А при взаимодействии с клиентами (посетителями) снимите свою маску абсолютно невозмутимого и отстранённого игрока в покер и будьте естественны – Ваши маленькие ошибки повлияют на них скорее позитивно и вызовут симпатию к Вам. Ведь Вы тоже живой человек. Более того, люди не очень любят безупречных персон. Их блестящие высокохудожественные фасады провоцируют на поиск недостатков и ошибок в интерактивном взаимодействии, вызывая недоверие и подозрение в лицемерии.

Как показывает практика, чем выше достигнутая иерархическая ступень, чем консервативнее окружение (показательный пример – банки и их служащие), тем более непроницаемы фасады сотрудников. Их культура поддержания обратной связи, как правило, выражается таким комментарием: «Я никогда не говорю, что думаю, и никогда не показываю, что чувствую. Никого не касается, что происходит в моей душе».

В других профессиональных сферах, например, в социальных структурах, сотрудники проявляют бóльшую готовность к рефлексии о своём окружении и о себе. У них больше мужества быть естественными – аутентичными. При этом всё же нужно признать, что аутентичность, как медаль, имеет и оборотную сторону. Велик риск психологической уязвимости, причём человек открывается своим

партнёрам по взаимодействию сам, доверяя им. Но чрезмерная закрытость, постоянное ношение индифферентной маски также вредна. Она оказывает пагубное влияние на здоровье, поскольку человек постоянно находится в напряжённом состоянии и бдительно охраняет свои психологические рубежи, возводя высокий забор антисуггестивных (суггестия – внушение; термин Георгия Кириллова Лозанова – болгарского психолога, разработавшего метод суггестопедии – ускоренного обучения иностранным языкам; 1926 – 2012; [6]) барьеров, тогда как аутентичность даже полезна. Никакого вреда ни психическому, ни физическому здоровью она не приносит.

Однако и аутентичность требует разумных ограничений. Открытость – да, критика – да, но не в любом кругу. Никогда не нарушайте непререкаемое правило: в присутствии других людей не показывайте, что Вы лучше своего шефа, и не высказывайте в его адрес жёсткую критику. С глазу на глаз вы можете сказать ему многое, но не при людях. Он никогда не простит покушения на свою власть. Поэтому старайтесь проявлять такт, взращивать в себе тонкое чутьё и обретать или расширять свою социальную компетенцию.

В современном мультикультурном мире обыденным явлением стали контакты с иностранцами в профессиональной деятельности и в частной жизни. Попадая в иную культурную среду, умные и чуткие люди по возможности приспосабливаются к ней, сохраняя при этом свою национальную идентичность. Карьерное продвижение также требует известного приспособления к специфическому культурному коду организации и принятым в ней правилам внутреннего межличностного взаимодействия. Прежде всего, это касается повседневного внутрифирменного костюма.

В случае, если Ваше профессиональное окружение проявляет экстремизм в межличностном взаимодействии, а авторитарность руководства убивает любые проявления естественности, остаётся только один путь. Чем до земли клониться, как тонкая рябина, под ударами бушующих в организации ледяных ветров, начинайте искать подходящий контекст для исполнения Вашей социальной роли. В конце концов, здоровье дороже должности. Подберите себе другую работу, с более соответствующим Вашей сущности окружением. Тогда сама собой разрешится проблема проявления аутентичности. Каждый человек должен найти своё место в этом мире – это там, где он наслаждается эмоционально-психологическим комфортом в интеракциях с сотрудниками.

Прежде всего, Вы должны прояснить себе ответы на три классических вопроса:

- ✓ «Кто я?»
- ✓ «Откуда я?»
- ✓ «Куда я двигаюсь?»

Стремиться к руководящей должности только затем, чтобы получить статусные привилегии: просторный кабинет с комнатой для отдыха, длинноногую секретаршу, надёжно охраняющую подступы к Вашей двери, персональную машину с водителем – неправильно. Может статься, Вы вовсе непригодны для руководства людьми. Прежде всего, это касается женщин. В бескомпромиссном мужском мире к ним предъявляются особые претензии. Попадая в царство самоуверенных, самодовольных и тщеславных альфа-самцов, озабоченных только одним: использованием и расширением своей власти, – дама должна оставаться аутентичной, оберегать и сохранять свои женские качества: мягкость, нежность, эмоциональность, поскольку «лаской почти всегда добьёшься больше, чем грубой силой», что отмечал ещё Эзоп. И тогда Ваша аутентичность обеспечит Вам высокую оценку со стороны коллег, авторитет, уважение и успех.

Резюме: проявление аутентичности, понимаемой как ненаигранная естественность в обращении и личностных проявлениях, как спонтанная реализация подлинных, свойственных только данному конкретному человеку мыслей, эмоций и поведенческих реакций, способствует эффективности и результативности интерактивного взаимодействия в условия современного информационного общества и мировой рыночной экономики и выводит на надёжный путь к успеху в самоактуализации и самореализации личности.

Список литературы:

1. Ю.В. Малахова, В.В. Хохлова. Путь к успеху. Коммуникации в деловом мире: монография / Ю.В. Малахова, В.В. Хохлова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2013. – 275 стр.
2. Allport, G. W. "The open system in personality theory", J. abnormal soc. Psychol., 1960, 61, 301-310.
3. Bandler, Richard & John Grinder (1975a). The Structure of Magic: In: A Book About Language and Therapy. Palo Alto, CA: Science & Behavior Books. ISBN 0-8314-0044-7.
4. A. H. Maslow. The Farther Reaches of Human Nature. Harmondsworth: Penguin, 1971.
5. Rogers, C.R. Becoming Partners. London, 1973.
6. Suggestopaedia – Desuggestive Teaching Communicative Method on the Level of the Hidden Reserves of the Human Mind. – Vienna: International Centre for Desuggestology, 2005.
7. https://ru.wikipedia.org : [Электронный ресурс]. – Дата обращения 01.09.2014.
8. http://vocabulary.ru/ : [Электронный ресурс]. –Дата обращения 02.09.2014.

ПСЕВДОРЕЛИГИОЗНОСТЬ И УЛЬТРАНАЦИОНАЛИЗМ КАК МАССОВЫЕ ФОРМЫ ДЕВИАНТНОГО ПОВЕДЕНИЯ

Русанов В.А.

к. филос. н., доц. Кафедрыгуманитарных наук. Энгельсский технологический институт Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.

В мировом сообществе важнейшими социальными функциями религиозных и светских идеологических систем продолжают оставаться поддержание гомеостаза социальной системы и обеспечение ее управляемости. Вследствие этого в стохастических процессах или под направленным воздействием социальных элит создается система ценностей, идеалов и моделей поведения. В стабильном обществе заметные отклонения от устоявшихся моделей приковывают пристальное внимание общественности, поскольку представляются девиантными, нарушающими общепринятые в обществе нормы и правила.

Этнический национализм и религиозный экстремизм стали характерными явлениями в своих более или менее радикальных проявлениях в жизни постсоветской России, принимая различные формы. Привычность, широкое распространение этих явлений не исключает их оценки по отношению к общегуманитарной системе ценностей. Они вполне могут быть охарактеризованы как девиантные, идущие в противоречие с интересами всего российского сообщества.

Общепринятый ныне термин "этническая деструктивность" отражает явление, которое имеет, в общем-то, схожие механизмы и динамику с исследованным Э. Фроммом явлением индивидуальной человеческой деструктивности - последняя также не присуща человеку как таковому изначально, а вызревает из определенных исторических предпосылок по мере исторического развития общества, культуры и цивилизации(1).

В ходе нового нациестроительства возникает конфликт идентичностей. Понять, почему в результате конфликтной встречи гражданственности и этничности рождается деструктивность, помогает привлечение концепции маргинальности. Явление маргинальности возникает, когда под воздействием межкультурных контактов, социальных и технологических сдвигов и других факторов расшатываются нормативно-ценностные системы. Маргиналы - это люди, оказавшиеся между двумя социальными структурами, культурами, системами норм поведения и т.п. Поэтому у таких индивидов, потерявших точку опоры и "зависших" над душевной пустотой, резко повышается уровень аффилиации - "стремления к психологической общности с группой"(2). В нормальной ситуации уровень аффилиации у людей бывает различным в частности, выделяется аллоцентрический тип личности как более нуждающийся в групповой, в том числе этнической присоединенности, в противовес идеоцентрическому типу. Для аллоцентрической личности характерны: подчинение индивидуальных целей групповым; выраженная идентификация со своей этнической группой (этносом), восприятие себя как части группы, а группы как продолжения самого себя(3). Маргиналы неизбежно начинают психологически трансформироваться в сторону аллоцентрического типа.

Очевидно, что в ситуации конфликта идентичностей люди также фактически становятся маргиналами, оказываясь в неопределенном состоянии между принадлежностями к своему этносу и к строящейся нации. Индивиды, вынужденные выбирать между двумя идентичностями, стремятся, во что бы то ни стало выйти из ситуации отчуждения с обеих сторон и обрести достойный социальный статус, что нередко может приводить к беспокойству, девиантному поведению, радикализму в решениях, а также к агрессивности и жестокости. Активизируется своеобразный механизм этнического самосохранения, резко нарастает уровень этнического сознания; в этих условиях политика нациестроительства однозначно воспринимается как ассимиляция и этноцид. "Там, где еще существует народ, - писал Ф. Ницше - не понимает он государства и ненавидит его как дурной глаз и посягательство на исконные права и обычаи"(4). Разворачивающиеся в ходе нациестроительства процессы деэтнизации и аккультурации неизбежно сталкиваются с мощным противодействием. Так в ходе внутри личностной коллизии накапливается потенциал этнической деструктивности.

Но этническая деструктивность – не мистическая сила, за этим термином стоят люди с их сознательной деятельностью -экстремистские организации и политические лидеры, которые активно используют резко возросший уровень аффилиации маргинализованных этнофоров и их повысившуюся восприимчивость к этнической мобилизации. Чтобы деструктивность из возможности стала действительностью, необходимы два условия - 1) эта самая упомянутая мобилизация людей, 2) их политическая организация. Лиц, осуществляющих политическую мобилизацию этничности, исправно поставляет интеллигенция - слой интеллектуалов, наиболее чувствительных к этническим ценностям(5). Всегда находятся и лидеры, политически организующие стихийный процесс и использующие деструктивный потенциал в своекорыстных политических целях.

Конфликт идентичностей создает новую ситуацию, когда гипертрофированная этничность меньшинств может политизироваться и мобилизоваться в собственных интересах политиками и идеологами. Тем самым у этничности возникает политическая функция, этнос выходит в политическую плоскость и становится субъектом политики - что, в общем-то, не вытекает из самой природы этнического, развертывающегося преимущественно в сфере культуры: "этнический фактор сам по себе политически нейтрален и не обладает изначально заданной политической направленностью"(6). Политическое качество этничности формируется в качестве ответа на вызов нациестроителъства.

Этничность уходит своими корнями в подсознательные пласты психики, отвечающие за разделение человечества на "Мы" и "Они", а потому импульс нетерпимости, к сожалению, объективно намного сильнее импульса толерантности:

Таким образом, можно заключить, что в составе полной причины (в комплексе всех, причин и условий) тех или иных проявлений этнической деструктивности специфицирующая (генетическая, определяющая качество) причина, иными словами - их постоянный источник, лежит в пределах собственно этнической проблематики. Этот глубинный источник этнического радикализма связан с возникновением на определенном историческом этапе противоречия между этническим и политическим принципами структурирования социосферы. Любые же вне этнические факторы, пусть даже и очень важные (в том числе социально-экономические, а порой, и даже очень часто - субъективные) играют роль причин кондициональных (или условий) и реализаторных (пусковой причины — "триггера", или повода) — соответственно

[1] Фромм Э. Анатомия человеческой деструктивности. М., 1994. С. 1.

[2] Хекхаузен Х. Мотивация и деятельность. в 2-х тт. М., 1986. Т. 1. С. 289-292.

[3] Солдатова Г.У. Психология межэтнической напряженности. М., 1992. С. 32. Дробижева Л.М., Аклаев А.Р. Коротеева В.В., Солдатова Г.У. Демократизация и образы национализма В РФ 90-х годов. С. 311.

[4] Ницше Ф. Так говорил Заратустра: Книга для всех и ни для кого. С.42.

[5] *Дробижева Л.М.* Интеллигенция и национализм. Опыт постсоветского пространства // Этничность и власть в полиэтничных государствах. С.71-84.

[6] Иванов В.Н., Котов АЛ., Ладодо И.В., Назаров ММ. Национальные отношения в регионах России (Результаты социологических исследований) // Этнополитический вестник. 1995. № 2. С.114.

обусловливающих деструктивные всплески и их "запускающих". Потому-то этническая деструктивность и есть, собственно говоря, "этническая", а этнополитический конфликт - именно "этнополитический" (понятно, что в ходе такого конфликта этническая элита может стремиться к целям, весьма далеким от "этнических" проблем, но используется для их достижения именно этничность).

Сейчас укрепление, совершенствование федеративного устройства страны происходит преимущественно посредством административно-ресурсного уравновешивания в статусе национальных и территориальных субъектов федерации. Второй, опосредованный путь совершенствования федерализма, также становится всё более популярным и общественно-полезным. Это — деятельность национально-культурных центров, автономий, объединений. По уже сложившейся практике национально-культурные объединения выступают ходатаями по вопросам развития культуры, образования в диаспоре перед органами власти, организуют помощь нуждающимся, покровительствуют экономической деятельности представителей диаспоры. При решении приватно-бытовых проблем, за советами в правовой сфере от 40 до 60% (по результатам социологических исследований Поволжской Академии Государственной службы, проводимых с 1995 по 2012 годы) членов национальных общин в Приволжском федеральном округе обращаются прежде всего к руководителям национально-культурных автономий, объединений. Таким образом, эти общественные организации выступают не только как хранители и пропагандисты национальной культуры в диаспоре, но и выполняют посреднические и протекционистские функции между государством, муниципальным образованием и своей этносоциальной группой.

Как свидетельствуют экспертные опросы и управленческая практика, деятельность национально-культурных объединений и автономий способствует скорейшей адаптации новых членов диаспор, предотвращению деструктивных конфликтов и воспитанию толерантности в обществе.

Снижению напряжённости в межнациональных отношениях, быстрой и полной адаптации индивидов в полиэтнической среде служит развитое, правильно организованное самоуправление и рост политической активности. Разумеется, что основой оптимизации местного самоуправления должны стать учёт национально-культурных интересов в системе социально-территориальной общности и содействие развитию экономической, в том числе коммунальной, транспортной, рекреационной инфраструктуры.

Комплекс социальных связей отдельного этнофора максимально расширяется за счёт хозяйственно-управленческих связей в местном самоуправлении и организационно-методических, возникающих из-за членства в партиях и движениях, снижая, соответственно, степень социальной девиации. В конечном счёте насыщение социума разнообразными социальными связями и обеспечит создание в России гражданского общества и определённую переструктуризацию социальных ценностей и политических целей этнонациональных общностей.

АРХИТЕКТУРА

ПЛАСТИЧЕСКИЙ ЯЗЫК АРХИТЕКТУРЫ САРАТОВА РУБЕЖА XIX-XX ВЕКОВ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА.

Корчагина Александра Борисовна
аспирант кафедры «Архитектура», ассистент кафедры «Архитектура», Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

PLASTIC LANGUAGE OF SARATOV ARCHITECTURE OF THE TURN OF THE XIX-XX CENTURIES IN THE CONTEXT OF THE MODERN CITY.

Korchagina Alexandra, postgraduate student of "Architecture" chair, the assistant of "Architecture" chair, Saratov State Technical University named by Gagarin Yu.A.

АННОТАЦИЯ

Целью статьи является анализ пластики поверхности архитектурных произведений Саратова рубежа XIX-XX веков. Приведена классификация пластики поверхности на примере конкретных произведений, что дает представление об идейной направленности произведений ведущих архитекторов города рассматриваемого периода. Проведенный анализ позволяет сделать выводы о художественной ценности произведений архитектуры Саратова рубежа XIX-XX веков и месте, которое они занимают в структуре современного города.

ABSTRACT

The purpose of article is the analysis of plasticity of a surface of architectural works of Saratov of a turn of the XIX-XX centuries. Classification of plasticity of a surface on the example of concrete works gives an idea of an ideological orientation of works of the leading architects of the city of the considered period is given. The carried-out analysis allows to draw conclusions on the art value of works of architecture of Saratov of a turn of the XIX-XX centuries and a place which they take in structure of the modern city.

Ключевые слова: пластика поверхности, архитектура Саратова.

Keywords: plasticity of a surface, Saratov architecture.

Пластический язык архитектуры многообразен и многословен. Он позволяет автору впечатлять своего зрителя формой и силуэтом еще только на подходе к зданию, говоря об объемной пластике, и надолго приковывать внимание к деталям и нюансам, используя пластику поверхности.

Пластика поверхности развивает и конкретизирует авторскую идею. Среди пластических деталей встречаются и строгие прямолинейные членения и причудливые кронштейны, классический акантовый лист и бетонные рельефы, узорные ленты фризов и т.д. Поэтому классификация пластики поверхности, кроме типологических признаков, должна включать и семантические аспекты, которые позволяли бы проводить сопоставление с содержанием произведения. [1]

Особенности пластики рубежа XIX-XX вв. На рубеже столетий ушли в прошлое высокие общественные идеалы, которые вносила жизнь в академические, математически холодные произведения с изысканными пропорциями. Имманентное развитие классицизма с его жесткой формализованной системой композиционных приемов и пластических средств, нормативный диктат и логично обоснованная красота перестали сдерживать творческие искания. Пластический язык классицизма, построенный на ордере, не мог уже отвечать на новые потребности и запросы общества, включая интересы конкуренции и рекламу. Привычные классические детали теряли значение единственного эталона красоты, осложняли выполнение индивидуального заказа. Отсутствие органической связи между конструктивной основой здания и его «классической одеждой» облегчали переход к использованию различных стилевых форм. Накопленный исторический материал об архитектуре различных эпох давал в руки зодчих многочисленные примеры художественно-пластических систем, а принцип «изобразительности» архитектурных форм не менял по сути основ формообразования. Разностилье в эклектике, как и любой «чистый» стиль, явилось закономерным явлением своего времени. Эклектика оказалась более гибкой системой формообразования, она расширила возможности «избирательности» и для заказчика, и для зодчего, включая в набор пластических средств все богатство архитектурного наследия. Она окончательно узаконивает механическое соединение архитектурной пластики и утилитарно-конструктивной основы здания, вступая на путь открытого декоративизма. На улицах капиталистических городов, смыкаясь в сплошные ряды, щеголяя друг перед другом, выстраиваются особняки в мавританском стиле, готические парламенты, дворцы и банки в формах раннего Ренессанса, биржи, напоминающие античные храмы. [1]

Эклектика раскрепостила архитектуру, сняла запреты; все стили в равной степени, в зависимости от личных вкусов мастера и заказчика, стали художественно равноценными. Равнозначность форм Е.Кириченко рассматривает как «стилеобразующий принцип» эклектики. Она справедливо отмечает, что «Эклектика — классический пример стилевой системы, где частное преобладает над общим. Силу воздействия многочисленных средств архитектурной выразительности эклектика пытается заменить и компенсировать декоративными деталями, превратившимися в основного носителя красоты и идейного содержания». [2, с. 38]

Естественно, что при эклектическом формообразовании не могла идти речь о детерминировании, устойчивости пластических средств, выбиравшихся часто по при¬хоти заказчика. Ретроспективность пластических форм эклектики, ее ориентация на архитектурное прошлое

сталкивались с прогрессом научной мысли и строительной техники. Принцип изобразительности архитектуры доходит до своего предела и вызывает естественный протест среди передовой художественной общественности. Старая система формообразования изжила себя, на ее смену появлялись новые принципы организации архитектурно-пластической структуры. Понимание необходимости обновления, выявления архитектурными средствами дыхания своего времени охватили широкие художественные круги.

В модерне сложно переплетаются положительные и отрицательные стороны эпохи, черты рационализма с эстетизированным индивидуализмом, ставка на новую строительную технику с неповторимостью, оригинальностью формы. Несмотря на общность теоретических положений большинства идеологов модерна, в нем не была достигнута устойчивая однотипность архитектурно-пластических деталей. Внутренние противоречия модерна получают отражение и в том, что объемная пластика строится под большим воздействием функционально-конструктивных принципов, а пластика поверхности подчиняется декоративно-символическим тенденциям. В силу этого модерн не ликвидирует разрыв между материальной основой и декоративными формами, не достигает их органической взаимосвязи. Изощренный сугубо индивидуализированный пластический декор откровенно накладывается на стену, оплетает оконные и дверные проемы, выступая в виде «чистого» украшения. Конструктивным деталям: перемычкам, карнизным плитам, поддерживающим частям балконов придаются сложные неоправданные очертания, что приводит к внешнему слиянию декоративных и конструктивных форм. [1]

Сложные столкновения на фронте идеологии на рубеже XX в., обострение борьбы между материалистической, и идеалистической философией, противопоставление рациональных и эстетических взглядов на искусство его общественное значение, внутренние противоречия концептуальных основ модерна питали многочисленные направления в области архитектуры. Сдерживающие запреты на архитектурный этикет были сняты, развенчан ордер, как единственное воплощение художественной истины, волевая регламентация общественных вкусов сменилась свободой выбора. Монизм в архитектуре исчез. Присущий капиталистической системе индивидуализм, частный заказ диктовали свои законы, расширялся ассортимент архитектурного товара, удовлетворяя различные запросы обывателя. На архитектурных витринах красовались эклектика и модерн, романтизм соседствовал с рационализмом, пуризм сменял символизм. Но среди этого многообразия различных течений для будущего архитектуры основное значение имели тенденции рационализма.

Все вышеперечисленные стилевые направления использовали инструментарий пластического языка архитектуры. Пластика поверхности во всем своем многообразии предстает в произведениях рубежа XIX-XX веков. Архитектура Саратова не является исключением, и позволяет рассмотреть нам конкретные примеры использования пластического языка.

Первой рассмотрим структурную пластику поверхности. Этот тип пластики в реалистических произведениях призван рассказывать о внутреннем строении объема, его пространственной структуре. К нему можно отнести такие архитектурные пластические детали, как пилястры, лопатки, обрамления проемов, карнизы, пояски и т. п.

Расчленяя поверхность стены, подчеркивая вход или ограничивая здание, структурная пластика дает информацию об организации композиции, принципиальных установках автора. Структурной пластике присуща геометрическая форма, она тяготеет к ограничивающим симметричным контурам. Размещение структурной пластики часто вызвано стремлением подчеркнуть опоры, зрительно закрепить углы, ограничить плоскость, выявить этажи. Она тесно связана благодаря этому и с конструктивной основой здания. Однако структурная пластика может и не соответствовать реальной объемно-конструктивной структуре сооружения. Выделяют три типа структурной пластики: конструктивный, пластический и декоративный. [1]

Таким образом, смысловой аспект структурной пластики зависит от художественного мировоззрения архитектора, которое, в первую очередь, проявляется в решении объемной пластики. Значение структурной пластики в создании идейно-художественного образа имеет опосредованный характер. Она участвует в раскрытии образа здания, выявляя специфику его объемно-пространственной композиции. В силу неизобразительности форм структурной пластики она способна лишь усиливать общую идейную концепцию, получившую выражение в объёмной композиции произведения.

В качестве декоративно-пластических средств, относящихся к структурной пластике, архитекторы Саратова рубежа XIX-XX веков использовали аттики различных геометрических форм и ордерные композиции. Проёмы и балконы выполняющие насущные функции и не имеющие декоративного обрамления относятся к конструктивным типам. Как правило их можно наблюдать в зданиях неоклассического стиля. В модерне и в эклектике более разнообразна геометрия проёмов и их обрамления. Поэтому окна и двери зачастую помимо своих настоящих функций зачастую выполняют декоративную роль и служат композиционным акцентом.

Следующий вид пластики поверхности — орнаментальная. Принцип ее построения, сочетания составляющих узор элементов основан, подобно орнаменту, на закономерностях ритма и симметрии. Композиционно организованные повторяющиеся элементы могут состоять из геометрических форм, «растительных» узоров, изображений птиц, животных, людей и фантастических образов. Для орнаментальной пластики типично лентообразное или ковровое заполнение плоскости с четким метрическим чередованием однотипных форм или изображений, как правило, взаимосвязанных с основными композиционными осями фасадов. Орнаментальная пластика поверхности может быть локальной, линейной либо ковровой.

Она под эгидой тектонического начала в творчестве обычно встречается, со структурной пластикой, дополняет и художественно усиливает ее, размещаясь в наиболее композиционно ответственных частях здания. Включая в свой арсенал изобразительные средства, орнаментальная пластика более непосредственно, чем структурная, связана с образно-семантической стороной произведения и может участвовать, используя ассоциативные представления, в раскрытии и конкретизации идейно-художественного содержания. [1]

Орнаментальная пластика представлена в архитектуре Саратова в большей степени в линейном варианте, которая в свою очередь имеют типологию: растительная пластика; антропо- и зооморфная пластика; геометрическая; графемная.

Растительные мотивы прослеживаются как в рельефе, так и в кованных ограждениях балконов, парапетных

решёток. Растительные мотивы использовали практически все архитекторы рубежа XIX-XX веков, что нельзя сказать об антропо- и зооморфной пластике. В этом направлении в основном работали Зыбин и Каллистратов. Орнаменты в диве мифических зверей мы можем увидеть на здании консерватории и гимназии Куффельд, особняке Сатова. Разнообразны также варианты геометрической пластики поверхности, причём увидеть мы её можем у любого архитектора на зданиях разных стилистических напрвлений. Графемный вариант пластики представлен у Мюфке и у Люкшина.

К третьей группе относится тематическая пластика, включающая в изображение сюжетные или символические рельефы. Последние чаще всего занимают наиболее важные и хорошо обозримые места в композиции фасадов, фиксируя главные оси, подчеркивая входы, акцентируя внимание на существенных фрагментах здания. Ее местоположение в меньшей степени обусловлено функционально-конструктивной структурой и в основном определяется художественными соображениями и условиями видимости.

Тематическая пластика может включать одиночные фигуры или символы, а также групповые композиции. Из всех видов архитектурной пластики поверхности она обладает наибольшими возможностями для конкретизации информации, так как ее язык использует историко-литературные и фольклорные сюжеты, символические и мифологические образы, а также явления современной жизни. Благодаря своим широким информационным возможностям тематическая пластика используется для раскрытия содержания и общей идейно-художественной концепции архитектурного произведения. [1]

Тематическая пластика поверхности также подразделяется на типы: растительная пластика; антропо- и зооморфная пластика; комбинироанная пластика.

В архитектуре Саратова она представлена в виде изображения древнегреческих богов, символов, мифических зверей и птиц в качестве скульптур и барельефов. Такая пластика применялась в зависимости от назначения здания. Например, чаша со змеёй в качестве барельефа на медицинскую тематику есть на таких объектах, как аптека Фридоина, гинекологическая лечебница Медведевых, на зданиях ансамбля клинического городка, даже на анатомическом корпусе СГУ. Берельеф в виде изображения совы использовался на учебных объектах архитектуры, так как, сова – символ мудрости. Примером могут послужить корпуса СГУ, построенные Мюфке; корпус клиники уха, горла, носа; здание консерватории.

Обильное использование пластических элементов архитекторами данного периода говорит об их богатом внутреннем мире, смелых и новаторских решениях.

И по сей день сила воздействия пластического языка архитектуры рубежа XIX-XX веков очень велика. В современном городе здания, появившиеся на рубеже столетий, являются акцентами в застройке, создают определенный контекст как для новой архитектуры, так и для культурной жизни горожан.

Список литературы:

1. Тиц А. А., Воробьёва Е. В. Пластический язык архитектуры./ А. А. Тиц, Е. В. Воробьёва.– М.. Стройиздат, 1986.
2. Кириченко Е. И. Русская архитектура 1830-1910-х годов./ Е. И. Кириченко. – М.. Изд-во: «Искусство», 1978.

УДК 666.913.2

ТВЕРДЕНИЕ ПРЕССОВАННЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ДИГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Раянова Анжелика Рамисовна
ассистент факультета природопользования и строительства Башкирского Государственного аграрного Университета
Недосеко Игорь Вадимович
канд.тех.наук, профессор

HARDENING OF COMPRESSED COMPOSITIONS ON THE BASIS OF THE DIHYDRATE OF CALCIUM SULFATE

Rayanova Anzhelika, teaching assistant, Department of natural resources and the construction of the Bashkir State agrarian University
Nedoseko Igor', Candidate of technical Science

АННОТАЦИЯ

Проверки предлагаемого механизма твердения системы, состоящей из смеси двуводного и полуводного гипса. Испытания образцов с песком и доломитом показали, что их прочность не изменилась и осталась равной прочности образцов в возрасте 7 сут.

ABSTRACT

Validation of the proposed mechanism of the curing system consisting of a mixture of dowolnego and semi-aquatic gypsum. Test samples with sand and dolomite showed that their strength was not changed and remained equal to the strength of the samples aged 7 days

Ключевые слова: структурообразование, процесс твердение, дигидрат, сульфата кальция, двуводный гипс.

Key words: structure formation, the process of hardening, the dihydrate, calcium sulphate, dowolny gypsum.

Современные представления о механизме твердения вяжущих веществ, берущие начало в работах П. А. Ребиндера, развивались в последние десятилетия работами А. Ф. Полака, В. В. Бабкова, В. Б. Ратинова, М. М. Сычева, А. В. Волженского, И. М. Ляшкевича и др. Теоретические разработки и выполненные экспериментальные исследования показали, что возникновение кристаллизационной структуры может происходить при выполнении следующих условий. Во-первых, частицы дисперсной фазы должны находиться на достаточно малом расстоянии $h_к$, при котором возможно образование кристаллизационных контактов между ними (рис.1а). Во-вторых, концентрация растворенного вещества в дисперсионной среде должна быть больше растворимости гидрата, т. е. система должна

быть метастабильной. Чем выше пересыщение раствора, тем больше может быть расстояние между срастающимися частицами гидрата, при котором возможно образование кристаллизационной структуры. Расстояние между частицами $h_к$, обеспечивающее формирование кристаллизационных контактов по А. Ф. Полаку [1], равно

$$h_к = 0{,}5\delta\left[\frac{\ell n\alpha}{\ell n\alpha^*} + \sqrt{(\frac{\ln\alpha}{\ln\alpha^*})^2 + \frac{4\varphi}{kT}\cdot\frac{(1-\chi)}{\ln\alpha^*}}\right], \quad (1)$$

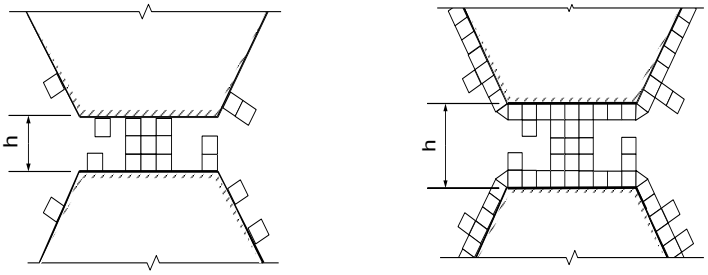
где δ_0 - межмолекулярное расстояние; α - степень пересыщения раствора ($\alpha = c/c_\infty$); α^* - степень пересыщения, при которой возможно возникновение двумерных зародышей роста (α^* ~1,5); $\varphi = 2\delta^2\cdot\sigma$ - энергия отрыва одной молекулы с поверхности; χ – коэффициент физико-химической неоднородности.

Понятие физико-химической неоднородности введено А. Ф. Полаком для характеристики сродства образующихся зародышей и подложки, которая может быть количественно оценена коэффициентом χ. Величина χ изменяется в пределах от 0 до 2. Значение χ = 0 соответствует идентичности новообразования и подложки. При χ = 2 между зародышем и подложкой никаких связей не возникает и физико-химическая неоднородность достигает своего максимального значения.

Обычными технологическими приемами, в частности, при литьевой технологии, сблизить частицы дигидрата гипса до требуемого расстояния не удается, поэтому разрабатываются специальные способы формования таких систем. Разработана технология получения облицовочных плит из двуводного гипса путем прессования водных паст с одновременным отводом воды [2]. Дальнейшие исследования позволили успешно применить данный технологический прием для получения изделий из фософгипса без предварительной переработки его в вяжущее. Однако широкое внедрение такого способа получения изделий сдерживается трудностями связанными с необходимостью удаления из системы излишней воды, т.е. применением специальных сложных форм с фильтрующим устройством и приспособлениями, образованием отходов (фильтрат, содержащий мельчайшие частицы гипса; сменный фильтрующий материал).

При прессовании полусухих смесей сблизить частицы двуводного гипса на расстояние, необходимое для образования кристаллизационной структуры, не удается, что обусловлено низким водосодержанием смеси и невысоким давлением прессования. Следовательно, для таких систем необходимо повысить пересыщение жидкой фазы относительно двуводного гипса, т.е. выполнить второе условие возникновения структуры. Этого можно достичь введением в систему некоторого количества полуводного гипса.

Рассмотрим механизм твердения композиции, твердая фаза которой состоит из двуводного (ДГ) и полуводного (ПГ) гипса. При затворении водой ПГ начинает интенсивно растворяться и в системе быстро создается пересыщение относительно ДГ. В комбинированной гипсовой системе подложкой может служить поверхность частиц двуводного гипса (χ близко к 0), что обусловливает возможность образования двумерных зародышей гидрата на поверхности ДГ. Вследствие этого процесса происходит обрастание исходных кристаллов ДГ, что приводит к уменьшению расстояния между ними (рис.1б). При уменьшении зазора между частицами до критического размера (h ~$3\delta_0$) возникают контакты срастания и образуется пространственная кристаллизационная структура.



а) б)

Рисунок 1. Механизм срастания кристаллов при: а) $h \le 3\delta_o$; б) $h > 3\delta_o$

Однако пространственная структура может не возникнуть, если начальное расстояние между частицами ДГ слишком велико, т.е. исходная смесь не достаточно уплотнена и количество вяжущего ПГ не достаточно для того, чтобы при его гидратации зазор между кристаллами ДГ уменьшился до критического.

После окончания процесса гидратации ПГ наступает вторая стадия твердения системы. К этому моменту времени сформировалась первичная пространственная структура, обладающая некоторой начальной прочностью. В системе также имеются частицы исходного ДГ, не связанные в структуру. Поскольку предварительной обработке порошок ДГ не подвергался, частицы в соответствии с законом нормального распределения случайных величин имеют различные размеры достаточно широкого спектра, от крупных до весьма мелких. В присутствии жидкой фазы частицы более тонких фракций, согласно Г. Хьюлетту и В. Оствальду, менее устойчивы, чем крупной. Они постепенно растворяются, а крупные частицы растут за счет вещества тонкой фракции. Происходит упрочнение существующей первичной структуры, а также возможно возникновение контактов кристаллизации между несвязанными кристаллами. В отличие от формирования первичной структуры, которая возникает в первые часы твердения, вторая стадия процесса протекает медленно в течение нескольких месяцев или лет, в зависимости от условий твердения системы.

Процесс твердения комбинированной гипсовой системы и его кинетика (с использованием известной формулы А. Н. Щукарева и механизма растворения и роста

частиц по Г. Хьюлетту) может быть описана следующим образом [3]:

$$-dz = K_z E_z S_z z_0 (z/z_0)^{2/3}(c_z - c)dt; \quad (2)$$

$$dy = K_y E_y S_y y_0 (y/y_0)^{2/3}(c - c_y)dt; \quad (3)$$

$$-dx = K_x E_x S_x x_0 (x/x_0)^{2/3}(c_x - c)dt \quad (4)$$

где x, y, z – текущее содержание двуводного гипса мелкой (x) и крупной (y) фракций, полуводного гипса (z), г/см^3; K_x, K_y, K_z – константы скоростей процессов, см/с; c_x, c_y, c_z – концентрации раствора на поверхности фаз, г/см^3; S_x, S_y, S_z – исходные удельные поверхности фаз, см^2/г; x_0, y_0, z_0 – исходное содержание двуводного (x_0, y_0) и полуводного гипса (z_0) в начале процесса, г/см^3; $E_i(i = x, y, z) = \exp[A_i(1 - Q_0/Q)]$ – фактор, отражающий влияние температуры на скорости процессов в системе, кДж/моль; A_x, A_y, A_z – значения безразмерной энергии активации процессов растворения и роста; Q_0, Q – условная и фактическая температура системы, К; t – время, с.

Из уравнений следует, что скорость процессов растворения и роста элементов рассматриваемой системы зависит от исходной концентрации вещества, удельной поверхности, константы скорости процесса и градиента концентрации раствора на поверхности частиц и в объеме раствора. Таким образом, при прочих равных условиях процесс твердения характеризуется изменением концентрации вещества в объеме раствора. Кривая изменения концентрации вещества в объеме раствора с учетом механизма растворения частиц показана на рис. 2.

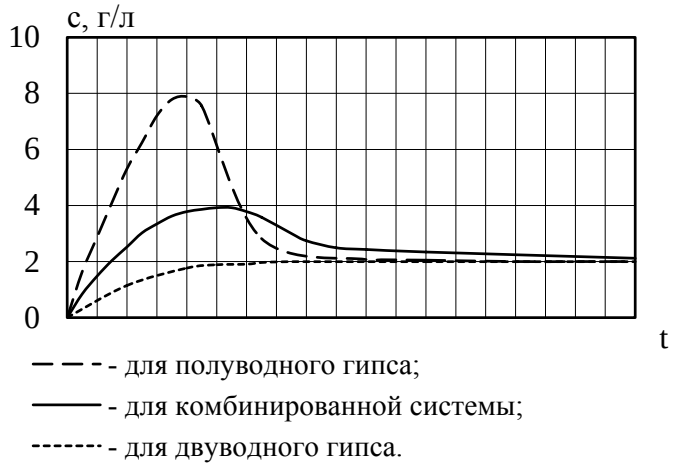


Рисунок 2. Изменение во времени концентрации $CaSO_4$ в растворе

После затворения вяжущего водой концентрация вещества в растворе быстро возрастает до значения, при котором возможно образование устойчивых зародышей новой фазы. Данная концентрация поддерживается в течение определенного момента времени растворением новых порций вяжущего. После полного растворения вяжущего концентрация по мере гидратации снижается и приближается к значению растворимости гидрата при данной температуре, процесс гидратации завершается. Так как растворимость ДГ зависит от его удельной поверхности и растворимость тонкой фракции ДГ может достигать высоких значений (в зависимости от размера частиц $c_x = k(a_x) \cdot c_y$), одновременно с процессом гидратации может протекать процесс перекристаллизации тонкой фракции ДГ. После окончания процесса гидратации гипсового вяжущего процесс перекристаллизации продолжается в течение длительного времени.

Для проверки предлагаемого механизма твердения системы, состоящей из смеси двуводного (ДГ) и полуводного гипса (ПГ), были выполнены следующие экспериментальные работы [4]. Процесс образования первичной структуры и влияние на него двуводного гипса изучали путем формования и испытания образцов различного состава. Изготавливали три серии образцов: а) гипсовое вяжущее Г-4-Б-II – двуводный гипс ($S_{уд.} \approx 3000$ см2/г); б) гипсовое вяжущее Г-4-Б-II – доломитовая мука ($S_{уд.} \approx 2600$ см2/г); в) гипсовое вяжущее Г-4-Б-II – вольский песок. Содержание ПГ изменялось от 0 до 50 %, водотвердое отношение (В/Т) – 0,22…0,17. Образцы цилиндрической формы прессовали под давлением 20 МПа в течение 30 с и испытывали на прочность при сжатии в возрасте 1 сут твердения при $\varphi = 60 \pm 10$ % и $t = 20 \pm 2$°С. Результаты экспериментальных исследований образцов на прочность представлены на рис. 3.

Как видно из рисунка, двуводный гипс принимает активное участие в формировании первичной структуры. При наличии в системе ДГ пространственная кристаллизационная структура с достаточно высокой прочностью образуется даже при небольшом содержании ПГ (не более 10%). При таких же условиях, если вместо двуводного гипса в смесь вводится доломитовая мука прочность полученного материала ~ в 2,5 раза ниже, а для состава с песком близка к нулю. Это достаточно ярко иллюстрирует важность идентичности подложки и образующихся зародышей гидрата. Если в систему вводится двуводный гипс, то величина χ близка к 0 и на его поверхности легко образуются зародыши гидрата. Затем происходит срастание отдельных кристаллов дигидрата сульфата кальция и образуется первичная структура.

При замещении двуводного гипса кварцевым песком коэффициент $\chi \sim 2$. В этом случае в результате гидратации ПГ могут образовываться только трехмерные зародыши, поскольку свойства поверхности песка резко отличаются от свойств поверхности новообразований. В случае использования доломитовой муки $2 > \chi > 1$, при этом на поверхности его частиц образуются преимущественно квазитрехмерные зародыши. В результате частицы песка и доломита не могут встраиваться в пространственную структуру, а для ее образования необходимо значительно больше вяжущего вещества. Как следует из экспериментов, для получения равнопрочной структуры материала при использовании вместо двуводного гипса доломитовой муки или песка необходимо увеличить содержание вяжущего в 2 и более раза.

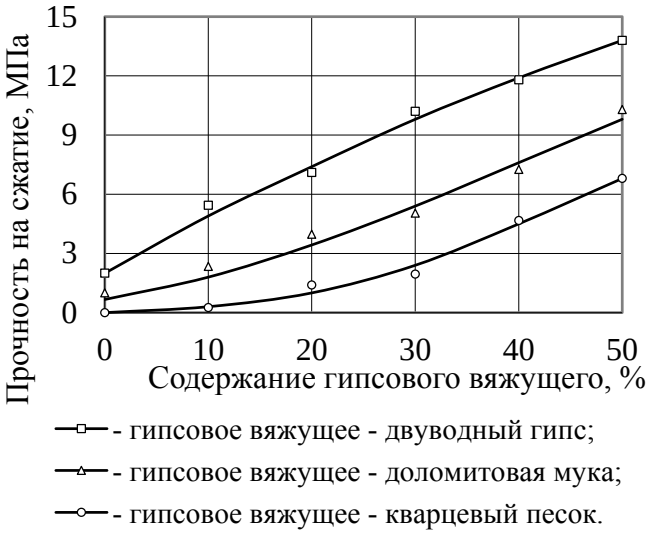


Рисунок 3. Предел прочности при сжатии образцов различного состава в зависимости от содержания вяжущего в возрасте 1 сут

Результаты испытания образцов на водостойкость также подтверждают выдвинутые положения. Образцы на основе двуводного гипса стоят в воде без видимых признаков разрушения при содержании гипсового вяжущего в составе смеси, равном 5 %. Образцы, в которых использовался кварцевый песок, разрушаются после погружения в воду даже при содержании гипсового вяжущего 10 %, для образцов с доломитом показатели несколько лучше.

Для изучения второй стадии процесса (безгидратационного твердения) затвердевшие образцы хранились в течение месяца при t = 20 ± 2°C и относительной влажности атмосферы φ = 60 ± 10 %. Кинетика изменения прочности образцов на сжатие приведена на рис. 4.

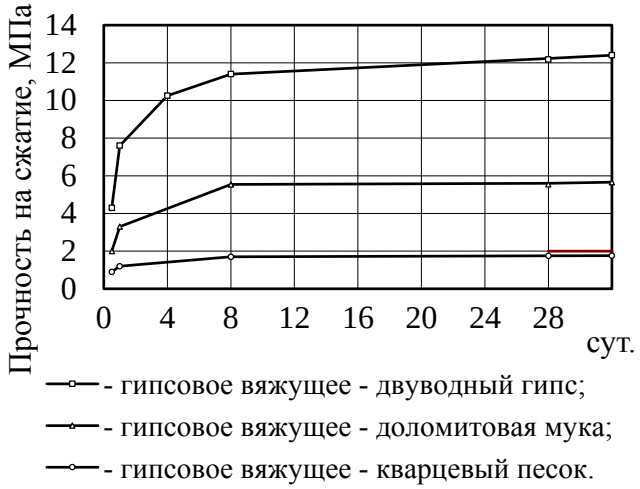


Рисунок 4. Изменение прочности во времени прессованных образцов различного состава при содержании гипсового вяжущего 20 %

Из результатов экспериментов следует, что прочность затвердевших образцов продолжает увеличиваться, хотя процесс гидратации вяжущего закончился в первые сутки твердения. В течение времени хранения образцов с 7 до 28 сут прочность образцов состава ДГ : ПГ = 80 : 20 увеличивается на 8–10 %.

Параллельно выполнен-ные испытания образцов с песком и доломитом показали, что их прочность не изменилась и осталась равной прочности образцов в возрасте 7 сут. Некоторое повышение прочности в течение первых 7 сут объясняется высыханием образцов до равновесного состояния.

Предложенный двухстадийный механизм твердения гипсовых систем достаточно хорошо подтверждается результатами экспериментов и не противоречит ранее опубликованным теоретическим воззрениям.

Список литературы:

1. Полак А.Ф., Бабков В.В., Андреева Е.П. Твердение минеральных вяжущих веществ. – Уфа, Башкнигоиздат, 1990, 215 с.
2. Ляшкевич И.М., Раптунович Г.С., Полак А.Ф. О возможности формирования кристаллизационных структур на основе двугидрата сульфата кальция // Изв. вузов. Сер. стр-во и архитектура. – 1985. - №12. – С.60-63.
3. Полак А.Ф., Бабков В.В., Капитонов С.М., Анваров Р.А. Структурообразование и прочность водовяжущих комбинированных гипсовых систем // Изв. вузов. Сер. стр-во и архитектура. – 1991. - №8.
4. Яковлев В.В., Юнусова С.С. Структурообразование и прочность водовяжущих гипсовых композиций с высоким содержанием двуводного гипса / Труды секции «Строительство» Российской инженерной академии. Выпуск 4. Часть 2./ Изд-во Российской инженерной академии. – М., 2003. с.158-167.