

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"

Серія: "Нові рішення в сучасних технологіях"

№ 38(1011)2013

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2013

Вісник Національного технічного університету "ХПІ"

Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ „ХПІ» – 2013р. - №38(1011) –200 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ №5256 від 2 липня 2001 року

Збірник виходить українською та російською мовами.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових Фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого постановою президії ВАК України від 26 травня 2010 р. №1 – 05/4. (Бюлетень ВАК України №6, 2010 р., стор. 3, №20).

Координаційна рада:

Л. Л. Товажнянський, д-р техн. наук, проф. (**голова**);

К. О. Горбунов, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А. П. Марченко, д-р техн. наук, проф.; Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.; Є. Є. Александров, д-р техн. наук, проф.; А. В. Бойко, д-р техн. наук, проф.; Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.; М. Д. Годлевський, д-р техн. наук, проф.; А. І. Грабченко, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Д. Дмитриєнко, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.; В. В. Єпіфанов, канд. техн. наук, проф.; Ю. І. Зайцев, канд. техн. наук, проф.; П. О. Качанов, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.; С. І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.; В. М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.; В. І. Кравченко, д-р техн. наук, проф.; Г. В. Лісачук, д-р техн. наук, проф.; О. К. Морачковський, д-р техн. наук, проф.; В. І. Ніколаєнко, канд. іст. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; В. А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.; М. І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.; Г. М. Сучков, д-р техн. наук, проф.; Ю. В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф.; М. А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: А. В. Івахненко, ст. викладач, Т. Л. Коворотний, асист.

Члени редколегії: Л. Л. Брагіна, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.; Б. В. Кліменко, д-р техн. наук, проф.; О. С. Куценко, д-р техн. наук, проф.; Г. І. Львов, д-р техн. наук, проф.; Н. Н. Олександров, д-р техн. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; М. І. Погорелов, канд. екон. наук, проф.; Л. Г. Раскін, д-р техн. наук, проф.; Р. Д. Ситнік, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Терзіян, д-р техн. наук, проф.; В. І. Тошинський, д-р техн. наук, проф.; В. І. Шустіков, д-р техн. наук, проф.

У квітні 2013 р. Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Нові рішення в сучасних технологіях» включений у довідник періодичних видань бази даних «**Ulrich's Periodicals Directory**» (New Jersey, USA)

Рекомендовано до друку вченою радою НТУ „ХПІ”

Протокол №:6 від « 04 » червня 2013 р.

©Національний технічний університет „ХПІ”, 2013

Б. Ш. МАМЕДОВ, канд. техн. наук, доц., ЗНТУ, Запорожье

ЕДИНАЯ ТЕОРИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА НЕПРЕРЫВНЫХ ПОТОКАХ. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ ОДНОРЯДНЫХ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ

Рассматриваются недостатки современной теории воздушно-реактивных двигателей, связанные с ошибочной теоремой о подъемной силе продуваемого профиля, выведенной профессором Н.Е.Жуковским в его статье "Вихревая теория гребного винта" в 1912г.

Ключевые слова: кинематический анализ, тяга продуваемого профиля, подъемная сила

Введение. Постановка проблемы. В своей статье "Вихревая теория гребного винта", 1912г., профессор Н.Е.Жуковский приводит вывод теоремы о подъемной силе продуваемого профиля:

$$P = \rho \omega_{\infty} \Gamma, \quad (1)$$

где

$$\Gamma = t \Delta W_u, [1, \text{с.53-55}], \quad (2)$$

где ρ – плотность продуваемого потока, ω_{∞} – скорость продуваемого потока в бесконечности, Γ – циркуляция скорости продуваемого потока вокруг профиля, t – расстояние между продуваемыми профилями, ΔW_u – циркуляция скорости продуваемого потока вокруг профиля, [1, с.55, рис.2.25].

Основной ошибкой профессора Н.Е.Жуковского, которую он допустил при выводе теоремы о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), является введение такого ошибочного понятия, как циркуляция, $\tilde{A} = t \Delta W_u$, поскольку при правильно организованном рабочем процессе обтекания продуваемого профиля, например, лопасти гребного винта, по корытцу и по спинке лопасти имеет место ламинарное обтекание продуваемого потока и ни о какой циркуляции потока вокруг продуваемого профиля лопасти гребного винта не может быть и речи. Циркуляцию, или "присоединенный вихрь" профессор Н.Е.Жуковский наблюдал только при наличии отрыва продуваемого потока от спинки продуваемого профиля, зона Н-С-Н, [2, с.3-7, рис.1].

Выведенная профессором Н.Е.Жуковским теорема о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), не выдерживает критики с любых позиций. Например, проверим формулу (1) на предмет ее соответствия экспериментальным данным той же самой современной теории воздушно-реактивных двигателей, куда она, формула (1), заложена в качестве фундаментальной.

Согласно теореме о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), максимальное давление продуваемого потока на корытце продуваемого профиля находится там, где циркуляция, $\tilde{A} = t \Delta W_u$, максимальна, т.е. на выходной кромке продуваемого профиля, а нулевое давление продуваемого потока находится там, где циркуляция, $\tilde{A} = t \Delta W_u$, равна нулю, т.е. на входной кромке продуваемого профиля, поскольку на входной кромке $\Delta W_u = 0$, т.е. эпюра давлений по корытцу продуваемого профиля, согласно Н.Е.Жуковскому, имеет максимальное значение на выходной кромке продуваемого профиля и нулевое на входной кромке продуваемого профиля,

формируя, таким образом, градиент давлений, направленный против потока, что противоречит всем законам механики истечения жидкостей и газов и экспериментальная часть современной теории ВРД четко это подтверждает, она гласит, что максимальное давление продуваемого потока на корытце продуваемого профиля находится в зоне входной кромки и это давление постепенно уменьшается по мере перемещения продуваемого потока к выходной кромке продуваемого профиля, формируя, таким образом, градиент давлений, направленный по потоку, [1, с.68, рис.3.3], что соответствует всем законам механики истечения жидкостей и газов.

Поэтому физическая основа процесса генерирования подъемной силы продуваемого профиля на основе циркуляции, ($\dot{A} = t \Delta W_u$), объяснена профессором Н.Е.Жуковским ошибочно, а теорема о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), выведенная в его статье "Вихревая теория гребного винта" в 1912г., нарушает все законы механики истечения жидкостей и газов и не может быть фундаментальной ни для какой теории.

Необходимо отметить, что профессор Н.Е.Жуковский работал над своей статьей "Вихревая теория гребного винта" во времена, 1906-1912г.г., когда самолетостроение только зарождалось, когда научному миру не были известны такие понятия, как углы атаки, зоны отрыва продуваемого потока по корытцу и спинке продуваемого профиля, генерирующие неустойчивую работу, вибрации, флаттер самолета, поэтому его статью, в которой он приводит вывод теоремы о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), необходимо рассматривать как первый, но ошибочный шаг на пути познания человеком такого сложнейшего теоретического и физического понятия, как процесс генерирования тяги и подъемной силы продуваемым профилем, как движителем.

Поэтому перед уже созданной единой теорией движителей на непрерывных потоках стояла проблема создания правильной теории гребного винта, которая, как в капле воды, отражала бы единую теорию движителей на непрерывных потоках, включая правильную теорию воздушно-реактивных двигателей, в которой проведена тесная связь между теорией и экспериментом, [3, с.15-20], [4, с.146-153], [5, с.11-20], [6, с.11-17] и др.

Применение кинематического анализа для вывода формулы тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля лопасти гребного винта. Постановка цели (задания). Применение кинематического анализа характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (вторичных динамических-инерционных сил), первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока в пределах контрольного контура Н-Н₁ для вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля лопасти гребного винта, как движителя на непрерывных потоках, проводится впервые, а принятая терминология соответствует терминологии современной теории воздушно-реактивных двигателей.

Выбор контрольного контура. Продуваемый миделевый профиль лопасти гребного винта вращается по миделевому радиусу относительно оси гребного винта с окружной скоростью U . Применив теорему о плоско-параллельном перемещении частиц водно-газовой смеси, строим треугольник скоростей частиц водно-газовой смеси на входной кромке продуваемого профиля лопасти гребного винта, сечение В-В. При вращении лопасти гребного винта по ее корытцу генерируется зона

заторможенного потока 1, в которой все частицы водно-газовой смеси перемещаются к выходной кромке продуваемого профиля, сечение С-С, при этом на входной кромке генерируется разрежение, которое инжектирует (всасывает) водно-газовый поток от сечения Н-Н. Под действием разрежения, которое генерируется в зоне Н-В, из воды выделяются пузырьки растворенного газа, образуется водно-газовая смесь, которая полностью подчиняется всем законам механики истечения жидкостей и газов. Сечение Н-Н называется зоной невозмущенного потока, с которой начинается контрольный контур, или сечение Н-Н – это начало ускоренного движения частиц водно-газовой смеси. Таким образом, контрольный контур ограничиваем слева сечением Н-Н, справа сечением H_1-N_1 – это сечение, которое характеризует конец ускоренного движения частиц водно-газовой смеси.

Зона заторможенного потока, (рис., поз.1), характеризуется зоной сжатия водно-газовой смеси В-К, в которой градиент статических давлений направлен против потока, и зоной ускоренного движения частиц водно-газовой смеси К-С, в которой градиент статических давлений направлен по потоку, или, другими словами, зона К-С – это реактивное сопло, в котором генерируется тяга продуваемого профиля лопасти гребного винта. При этом необходимо отметить, что внешний вид зоны заторможенного потока, (рис., поз.1), характер распределения статических давлений в этой зоне полностью соответствует экспериментальным данным современной теории воздушно-реактивных двигателей по продуваемым профилям, [1, с.68, рис.3.3], где четко и ясно показано, что максимальное давление продуваемого газового потока (водно-газовой смеси) по корытцу продуваемого профиля находится в зоне входной кромки продуваемого профиля, и это максимальное давление продуваемого потока постепенно уменьшается по мере перемещения потока к выходной кромке продуваемого профиля, что полностью соответствует всем законам механики истечения жидкостей и газов.

На рис. представлено:

а – продуваемый профиль лопасти гребного винта по миделю;

б – кинематический анализ характера изменения статических давлений, осевых скоростей продуваемого потока в пределах контрольного контура Н-Н₁;

в – кинематический анализ характера изменения осевых ускорений (вторичных динамических-инерционных сил) в пределах контрольного контура Н-Н₁;

г – кинематический анализ характера изменения первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого потока в пределах контрольного контура Н-Н₁.

Положение зоны невозмущенного потока Н-Н регламентируется режимом работы лопасти гребного винта, при увеличении оборотов гребного винта сечение Н-Н удаляется от сечения В-В, при уменьшении оборотов гребного винта сечение Н-Н приближается к сечению В-В. При работе гребного винта по корытцу продуваемой лопасти всегда генерируется зона заторможенного потока, (рис., поз.1), которая регламентирует следующие зоны и сечения контрольного контура Н-Н₁ при скорости перемещения гребного винта, равной нулю:

Н-Н – сечение невозмущенного потока, регламентирующее равенство площадей (работ первичных сил) геометрических фигур, рис., поз.2,3.

Н-В – зона ускоряемого водно-газового потока.

В-К – зона сжатия продуваемого водно-газового потока, в которой градиент статических давлений направлен против потока.

К-С – зона ускоряемого водно-газового потока, в которой градиент статических давлений направлен за потоком, или зона К-С – это реактивное сопло, в котором генерируется тяга продуваемого профиля лопасти гребного винта.

С-С – выходное сечение реактивного сопла К-С, регламентирующее силу сопротивления $P_c F_c$, где P_c – статическое давление продуваемого потока в сечении С-С, F_c – площадь выходного сечения реактивного сопла К-С.

С-Н₁ – зона выходящей струи, в которой градиент статических давлений направлен по потоку, если $p_c > p_i$ (недорасширенный водно-газовый поток), в которой градиент статических давлений равен нулю, если $p_c = p_i$ (нормально расширенный водно-газовый поток), в которой градиент статических давлений направлен против потока, если $p_c < p_i$ (перерасширенный водно-газовый поток), где p_i – давление окружающей среды, регламентируемое глубиной погружения гребного винта в воду. При этом в выходящей водно-газовой струе вне зависимости от величины P_c , согласно закона Бойля-Мариотта, $p_i F_i = \text{const}$.

Н₁-Н₁ – сечение невозмущенного потока, в котором ускорение продуваемого водно-газового потока равно нулю.

Зоны контрольного контура Н-Н₁ продуваемого профиля лопасти гребного винта полностью совпадают с зонами контрольного контура Н-Н₁ турбореактивного двигателя, [3, с.18, рис.1], крыла птицы, [5, с.14, рис.1] и других движителей на непрерывных потоках. Согласно единой теории движителей на непрерывных потоках процесс генерирования тяги всеми типами движителей одинаков. Поэтому методика вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД лопасти гребного винта ничем не будет отличаться от аналогичной для турбореактивных двигателей, а методика вывода теоремы о подъемной силе продуваемого профиля лопасти гребного винта ничем не будет отличаться от аналогичной для крыла птицы и др. движителей, т.е. единая теория движителей разработала единые, общие для всех типов движителей на непрерывных потоках формулы тяги, полетного (тягового) КПД, теорему о подъемной силе продуваемого профиля.

Характеристика внешних сил, действующих на трубку тока в зоне контрольного контура Н-Н₁ лопасти гребного винта. При характеристике внешних сил, действующих на трубку тока в зоне контрольного контура Н-Н₁ необходимо учитывать, что всегда первична статика, а вторична динамика.

К внешним силам, действующим на трубку тока в зоне Н-Н₁, относятся:

1. Первичные движущие силы от изменения статических давлений, $p_i F_i$, где p_i – статическое давление продуваемого водно-газового потока в i -м сечении газодинамического тракта в пределах контрольного контура Н-Н₁; F_i – площадь i -го сечения газодинамического тракта в пределах контрольного контура Н-Н₁.

2. Вторичные движущие силы от изменения динамических-инерционных сил, $m_r a_i$, где m_r – массовый секундный расход водно-газового потока через лопасть гребного винта, a_i – ускорение водно-газового потока в i -м сечении газодинамического тракта в пределах контрольного контура Н-Н₁.

3. Силы сопротивления – это силы, которые направлены против потока и к которым могут относиться как первичные движущие силы от изменения статических давлений, например, в зоне В-К, динамические-инерционные силы, когда сила инерции направлена против потока, так и сила сопротивления $p_c F_c$.

4. Сила тяги R лопасти гребного винта.

Таким образом, в контрольном контуре Н-Н₁ рассматривается замкнутая система всех внешних сил, действующих на трубку тока в зоне Н-Н₁, т.е. векторная сумма всех внешних сил в пределах контрольного контура Н-Н₁ всегда равна нулю, замыкает векторный силовой многоугольник, в нашем случае линия, всегда тяга лопасти гребного винта.

потока. При наличии кинематического анализа работа любых внешних сил условно изображается площадью соответствующих геометрических фигур, например, работа вторичных динамических-инерционных сил, направленных против потока, условно изображается двумя геометрическими фигурами со знаком "плюс", направленных по потоку условно изображается двумя геометрическими фигурами со знаком "минус", (рис., поз.в.)

первичных сил и сил сопротивлений (R , $P_c F_c$), направленных против потока, условно изображается геометрическими фигурами со знаком "минус", к которым относятся работа первичных сил в зоне В-К, в зоне К-С для силы тяги лопасти гребного винта R и силы сопротивления $P_c F_c$, работа первичных сил, направленных за потоком, условно изображается геометрическими фигурами со знаком "плюс", к которым

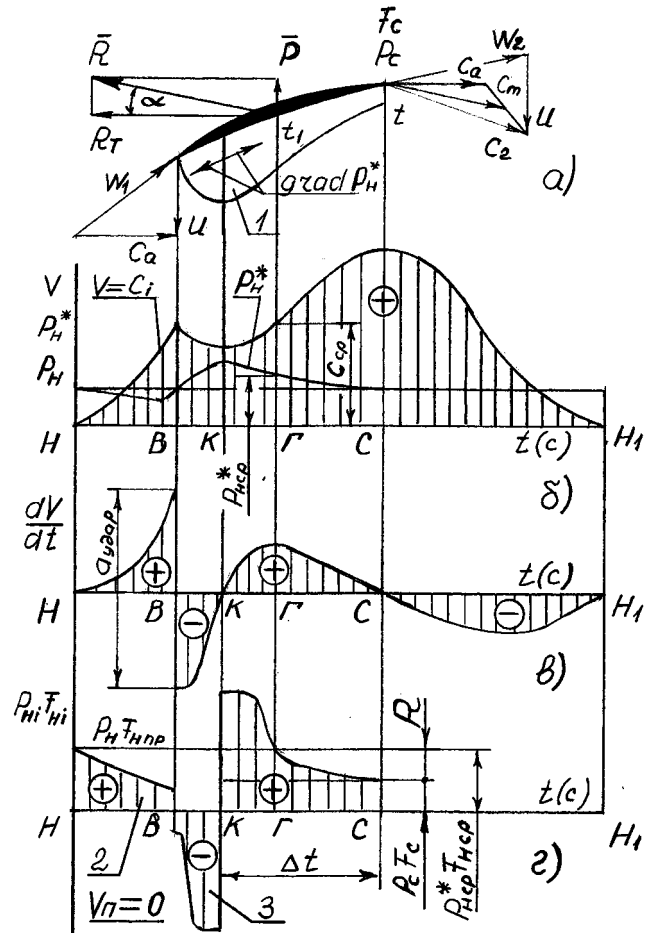


Рис.- Кинематический анализ характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (вторичных движущих динамических-инерционных сил), первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока для вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля лопасти гребного винта

относятся работа первичных сил в зоне Н-В, в зоне К-С, рис.-г.

Согласно Закона сохранения энергии сумма площадей геометрических фигур для первичных сил со знаком "плюс" всегда равна сумме площадей геометрических фигур со знаком "минус", т.е. векторный силовой многоугольник, в нашем случае линия, всегда должен быть замкнутым, при этом замыкающим вектором силового многоугольника (линии) для первичных сил и сил сопротивления будет являться тяга R лопасти гребного винта.

На основании вышеизложенного, уже созданная единая теория движителей на непрерывных потоках ставила своей целью (заданием) создать новую теорию гребного винта на основе вывода принципиально новых фундаментальных формул тяги, полетного (тягового) КПД и теоремы о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта.

Кинематический анализ характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (динамических-инерционных сил), первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока для вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта. Кинематический анализ, приведенный на рис. , показывает, что при вращении лопасти гребного винта перед входной кромкой, сечение В-В, генерируется разрежение и частицы водно-газового потока с некоторого сечения Н-Н, которое называется зоной невозмущенного потока, начинают перемещаться к сечению В-В с нарастающим ускорением, рис.-в. При достижении входной кромки лопасти гребного винта водно-газовый поток сжимается, его осевая скорость уменьшается, а статическое давление, наоборот, увеличивается. Процесс сжатия водно-газовой смеси осуществляется до сечения К-К, после которого водно-газовый поток в зоне К-С ускоряется, зона К-С при этом является реактивным соплом, в котором генерируется тяга R лопасти гребного винта.

При этом необходимо отметить, что вектор тяги R , который генерируется лопастью гребного винта, всегда противоположен среднему вектору C_m , рис.-а, и составляет определенный угол α к горизонту или к оси вращения гребного винта, разложение вектора тяги R на две составляющие, R_t , P , где P – это подъемная сила, генерируемая лопастью гребного винта, дает возможность сформулировать теорему о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта.

Кинематический анализ показывает, что касательная к любой точке кривой, характеризующей изменение осевых скоростей водно-газового потока в зоне Н-В, имеет определенный угол наклона α к горизонту, при этом $\operatorname{tg} \alpha$, условно характеризующий ускорение водно-газового потока, с увеличением осевой скорости последнего растет и имеет положительное значение. В сечении В-В $\operatorname{tg} \alpha$ мгновенно меняет свое значение на отрицательное, что является свидетельством наличия в сечении В-В так называемой кинематической зоны жесткого (упругого) удара, сила которого прямо пропорциональна произведению секундной массы водно-газового потока на ускорение удара, рис. в, генерируя в окружающее пространство мощные ударные волны в колебательном режиме, что является основным недостатком всех гребных винтов, регламентируя окружную скорость на лопастях гребных винтов не более 40м/с.

Кинематический анализ показывает, что вторичные динамические-инерционные силы в пределах контрольного контура Н-Н₁ дают общую сумму,

равную нулю, или, другими словами, суммарная работа вторичных динамических-инерционных сил в пределах контрольного контура Н-Н₁ всегда равна нулю, рис.в. Графически это выражается в том, рис.в, что площадь геометрических фигур, условно отражающих работу вторичных динамических-инерционных сил со знаком "плюс" всегда равны площади геометрических фигур со знаком "минус".

Исходя из этого кинематический анализ делает следующий вывод:

Изменение скорости продуваемого водно-газового потока, обтекающего продуваемую лопасть гребного винта в пределах контрольного контура Н-Н₁, генерирует динамические-инерционные силы, сумма которых в пределах контрольного контура Н-Н₁ всегда равна нулю, это означает, что скорость продуваемого потока никогда не создает тягу движителя. Тяга любого движителя на непрерывных потоках создается только положительной работой первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого потока в зоне К-С, поскольку положительная работа первичных сил в зоне К-С, рис.г, полностью компенсируется отрицательной работой силы тяги R движителя и отрицательной работой силы сопротивления $P_c F_c$.

Кинематический анализ показывает, что к основным недостаткам одинарных гребных винтов относятся:

1. Повышенная децибельная характеристика, которая регламентируется ударными волнами, генерируемыми в кинематической зоне жесткого (упругого) удара, рис.1в, сечение В-В.
2. Наличие кинематической зоны жесткого (упругого) удара, рис.в, сечение В-В.
3. Низкая окружная скорость вращения гребных винтов, что регламентируется п.2.
4. Закрутка потока на выходе из лопасти гребного винта.
5. Отклонение вектора тяги R лопасти гребного винта от оси вращения на угол α .

Кинематический анализ показывает также, что отрицательная работа первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока в зоне В-К полностью компенсируется положительной работой первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого потока в зоне Н-В.

Таким образом, некомпенсированной зоной работы первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока, в которой генерируется тяга продуваемой лопасти гребного винта, является зона К-С. Работа, подведенная к продуваемому водно-газовому потоку в зоне К-С, численно равна площади геометрической фигуры, ограниченной параболической кривой и осью абсцисс, заштрихованная зона со знаком "плюс". Площадь этой геометрической фигуры равна площади прямоугольника со сторонами $P_{i_{н\delta}}^* F_{i_{н\delta}}$, КС. Поэтому, с учетом соответствующих масштабов, можно записать, что работа в зоне К-С равна

$$A_{\Pi} = P_{нсп}^* F_{нсп} \cdot КС, \text{ (кГ} \cdot \text{м)}, \quad (3)$$

где КС равно перемещению потока за время Δt , рис.г.

Подведенная к продуваемому водно-газовому газу потоку в зоне К-С работа A_{Π} затрачивается на преодоление работы силы сопротивления

$$A_{cc} = P_c F_c \cdot КС, \text{ (кГ} \cdot \text{м)}, \quad (4)$$

и на преодоление работы силы тяги лопасти гребного винта:

$$A_R = R \cdot КС, \text{ (кГ} \cdot \text{м)}. \quad (5)$$

Таким образом, можно записать:

$$A_{\Pi} = A_{cc} + A_R, \text{ ИЛИ} \quad (6)$$

$$P_{нсп}^* F_{нсп} \cdot KC = P_c F_c \cdot KC + R \cdot KC, \quad (7)$$

откуда:

$$R = P_{нсп}^* F_{нсп} - P_c F_c, \text{ при } V_i = 0, \quad (8)$$

$$R' = P_{нсп}^{*/'} F_{нсп}' - P_c' F_c', \text{ при } V_i > 0, \quad (9)$$

где

$$P_{нсп}^{*/'} = P_{нсп}^* \pm P_{нсп}^*,$$

где $\pm P_{нсп}^*$ приращение или уменьшение среднего статического давления заторможенного водно-газового потока в среднем сечении Г-Г газодинамического тракта при $V_i > 0$, рис.

Любое изменение скорости полета влечет за собой изменение всех пяти параметров, входящих в формулы тяги (8), (9) продуваемой лопасти гребного винта.

Таким образом, векторный силовой многоугольник, в нашем случае линия, согласно уравнений (8), (9), всегда замыкается вектором тяги R , R' продуваемой лопасти гребного винта.

Полетный (тяговый) КПД продуваемой лопасти гребного винта определяется из уравнения

$$\eta_{\Pi} = \frac{A_R}{A_{\Pi}}, \text{ откуда} \quad (10)$$

$$\eta_m = \left(1 - \frac{P_c F_c}{P_{нсп}^* F_{нсп}} \right) \cdot 100\%, \text{ при } V_i = 0 \quad (11)$$

$$\eta_n = \left(1 - \frac{P_c' F_c'}{P_{нсп}^{*/'} F_{нсп}'} \right) \cdot 100\%, \text{ при } V_i > 0 \quad (12)$$

Необходимо отметить, что направление вектора тяги R продуваемой лопасти гребного винта всегда противоположно вектору средней скорости C_m , рис.а, и всегда составляет определенный угол α с направлением скорости полета V_{Π} , поэтому теорема о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта описывается уравнением:

$$P = R \cdot \sin \alpha, \text{ откуда} \quad (13)$$

$$P = (P_{нсп}^* F_{нсп} - P_c F_c) \cdot \sin \alpha, \text{ при } V_i = 0 \quad (14)$$

$$P' = (P_{нсп}^{*/'} F_{нсп}' - P_c' F_c') \cdot \sin \alpha', \text{ при } V_i > 0 \quad (15)$$

Поэтому теорему о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта можно сформулировать следующим образом:

Подъемная сила продуваемой лопасти гребного винта всегда является функцией от тяги, генерируемой продуваемой лопастью и рассчитывается по формулам (13), (14), (15).

Отклонение вектора тяги R , R' , генерируемой продуваемой лопастью гребного винта, от оси гребного винта на угол α влияет на конечное значение полетного (тягового) КПД

$$\eta_m = \left(1 - \frac{P_c F_c}{P_{нсп}^* F_{нсп}} \right) \cdot 100\% \cdot \sin \alpha, \text{ при } V_i = 0 \quad (16)$$

$$\eta_n = \left(1 - \frac{P'_c F'_c}{P_{нсп}^{*'} F'_{нсп}} \right) \cdot 100\% \cdot \sin \alpha, \text{ при } v_i > 0 \quad (17)$$

В формулах (3-17) приняты следующие обозначения:

R – тяга продуваемой лопасти гребного винта при $v_i = 0$;

$P_{нсп}^* = P_c^*$ – статическое давление продуваемого водно-газового потока в среднем сечении Г-Г газодинамического тракта зоны К-С, приведенное к зоне невозмущенного потока Н, при $v_i = 0$;

$F_{нсп}$ – площадь газодинамического тракта в среднем сечении Г-Г зоны К-С, равная $t_1 \cdot l$ при $v_i = 0$, где t_1 – толщина газодинамического тракта в среднем сечении Г-Г, l – длина лопасти гребного винта;

P_c – статическое давление продуваемого водно-газового потока в выходном сечении С-С реактивного сопла зоны К-С при $v_i = 0$;

F_c – площадь газодинамического тракта в выходном сечении С-С реактивного сопла зоны К-С, равная $t \cdot l$, где t – толщина газодинамического тракта в выходном сечении С-С реактивного сопла зоны К-С при $v_i = 0$;

α – угол между направлением вектора тяги R и осью гребного винта при $v_i = 0$;

η_0 –тяговый КПД продуваемой лопасти гребного винта при $v_i = 0$;

P – подъемная сила продуваемой лопасти гребного винта при $v_i = 0$;

R' – тяга продуваемой лопасти гребного винта при $v_i > 0$;

$P_{нсп}^{*'} = P_c^{*'}$ – статическое давление продуваемого водно-газового потока в среднем сечении Г-Г газодинамического тракта зоны К-С, приведенное к зоне невозмущенного потока Н, при $v_i > 0$;

$F'_{нсп}$ – площадь газодинамического тракта в среднем сечении Г-Г зоны К-С при $v_i > 0$, равная $t'_1 \cdot l$, где t'_1 – толщина газодинамического тракта в среднем сечении Г-Г при $v_i > 0$;

P'_h – статическое давление продуваемого водно-газового потока в выходном сечении С-С реактивного сопла зоны К-С при $v_i > 0$;

α' – угол между направлением вектора тяги R' и осью гребного винта при $v_i > 0$;

η_i –полетный (тяговый) КПД продуваемой лопасти гребного винта при $v_i > 0$;

P' – подъемная сила продуваемой лопасти гребного винта при $v_i > 0$;

Применение уравнения Эйлера, как контрольного варианта, для вывода формулы тяги продуваемой лопасти гребного винта. Для вывода формулы тяги продуваемой лопасти гребного винта с помощью уравнения Эйлера необходимо обе части этого уравнения разделить на Δt с целью перехода на размерность кГ или Н, после чего уравнение Эйлера преобразуется во второй закон И.Ньютона, [7, с.3-17], [8, с.67-71]:

$$m_r \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} = m_r \cdot a = \sum P_i, \quad (18)$$

где m_r – секундный массовый расход водно-газового потока через продуваемую лопасть гребного винта, площадь сечения этого потока в зоне невозмущенного потока Н, рис.1а, регламентируется площадью $F_{нсп}$, равной лобовой площади продуваемого профиля по направлению вектора W_1 , а в зоне заторможенного потока В-С регламентируется площадью газодинамического тракта; ΔV – разница

осевых скоростей на выходе, V_2 , из трубки тока в зоне К-С (сечение С-С) и на входе, V_1 , в эту же трубку тока (сечение К-К); Δt – время импульса внешних сил, действующих на трубку тока в зоне К-С, или время перемещения потока от сечения К-К до сечения С-С; $\frac{\Delta V}{\Delta t} = a$ – изменение ускорения продуваемого водно-газового потока в зоне К-С; $m_r \cdot a$ – изменение силы инерции продуваемого водно-газового потока в зоне К-С; $\sum P_i$ – сумма всех остальных внешних сил, действующих на трубку тока в зоне К-С, включая силу тяги R продуваемой лопасти гребного винта, реакции отсоединенных потоков со стороны первичных движущих сил от изменения статического давления, вторичных динамических-инерционных сил, действующих слева на сечение К-К от зоны Н-К и справа на сечение С-С от зоны С-Н₁.

В этом случае уравнение Эйлера (18) читается только так:

Изменение силы инерции продуваемого водно-газового потока $m_r a$, которая является одной из внешних сил, действующих на трубку тока в зоне К-С, всегда равняется сумме всех остальных внешних сил, включая силу тяги R продуваемой лопасти гребного винта, а также реакции отсоединенных потоков от первичных движущих сил от изменения статических давлений, вторичных динамических-инерционных сил, действующих на сечение К-К слева от зоны Н-К и на сечение С-С справа, от зоны С-Н₁.

Запишем уравнение Эйлера (18) в векторной форме:

$$\overline{m_r a} = \overline{P_{ин1}} + \overline{P_{ин2}} + \overline{P_{Нср}^* F_{Нср}} + \overline{P_c F_c} + \overline{R}, \quad (19)$$

где $P_{ин1}$ – реакция отсоединенного потока зоны Н-К от динамических-инерционных сил, которая действует на сечение К-К слева; $P_{ин2}$ – реакция отсоединенного потока зоны С-Н₁ от динамических-инерционных сил, которая действует на сечение С-С справа; R – тяга продуваемой лопасти гребного винта.

Реакции отсоединенных потоков в зоне Н-К и С-Н₁, которые действуют на сечения К-К, С-С со стороны первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока, всегда равняются нулю, поэтому уравнение Эйлера (19) можно записать так:

$$\overline{P_{ин1}} + \overline{m_r a} + \overline{P_{ин2}} = \overline{R} + \overline{P_{Нср}^* F_{Нср}} + \overline{P_c F_c} \quad (20)$$

Левая часть этого уравнения является суммой вторичных динамических-инерционных сил в пределах контрольного контура Н-Н₁, которая всегда равняется нулю, тогда в модульной форме:

$$0 = -R + P_{Нср}^* F_{Нср} - P_c F_c, \text{ откуда} \quad (21)$$

$$R = P_{Нср}^* F_{Нср} - P_c F_c \quad (8)$$

Таким образом, продуваемая лопасть гребного винта генерируют тягу, полетный (тяговый) КПД, которые рассчитываются по единым формулам тяги, полетного (тягового) КПД для всех типов движителей на непрерывных потоках, (8), (9), (11), (12) согласно уже разработанной единой теории движителей на непрерывных потоках.

Согласно выведенной теореме о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта, установлено, что подъемную силу любого продуваемого профиля (грот парус яхты, крыло птицы, самолета, планера, любой лопаточный профиль, включая продуваемую лопасть гребного винта и др.) всегда нужно рассчитывать как функцию от тяги, генерируемой продуваемым профилем, установлено, что полетный (тяговый) КПД любого продуваемого профиля, включая лопасть гребного

винта, дополнительно зависит от угла α , который образуется между вектором тяги R и осью гребного винта, формулы (16), (17), установлено также, что все продуваемые лопасти любых гребных винтов, как и турбореактивные двигатели, относятся к движителям прямой реакции, тяга которых должна измеряться только в кГ или Н.

Исходя из вышеизложенного, единая теория движителей на непрерывных потоках ставит дополнительную цель (задание) перед организациями и фирмами, владеющими гидродинамической трубой, выдать все табличные данные согласно формул (8), (9), (16), (17) с целью существенного упрощения расчета лопастей любых гребных винтов, поскольку разработанная краткая теория гребного винта, согласно единой теории движителей на непрерывных потоках, утверждает, что конструктор не должен рассчитывать лопасть гребного винта, он должен выбрать ее из табличных данных, оформленных согласно формул (8), (9), (16), (17).

Общие выводы. Перспективы дальнейших разработок. Содержание данной статьи открывает широкие перспективы, прежде всего её практического применения, например, отклонение вектора тяги R лопасти гребного винта на угол α от оси гребного винта, рис.а, ставит перед конструкторами решаемую задачу: какие гребные винты необходимо применить, чтобы обеспечить их максимальный КПД путем обеспечения угла α , равного нулю.

Для получения исходных данных для такого расчета ведущим организациям, фирмам, владеющим гидродинамической трубой, необходимо провести целенаправленную продувку различных профилей лопастей гребных винтов с целью точной фиксации геометрических и газодинамических параметров зоны заторможенного потока В-С, (рис, поз.1.)

Таким образом, современная теория воздушно-реактивных двигателей, основанная на ошибочных формулах тяги, полетного (тягового) КПД, выведенных академиком Б.С.Стечкиным в 1929 г., [3, с.15-20], и на такой же ошибочной теореме о подъемной силе продуваемого профиля, формулы (1), (2), выведенной профессором Н.Е.Жуковским в 1912 г., задержала технический прогресс в области авиадвигателестроения более, чем на 80 лет, в результате чего выпускники авиационных ВУЗов, будущие конструктора авиадвигателей, не имеют ни малейшего понятия о реальном процессе генерирования тяги турбореактивными двигателями, о реальном термодинамическом цикле турбореактивных двигателей в координатах $P-V$, $T-S$, о реальном физическом представлении процесса генерирования отрывных течений, о реальной теореме о подъемной силе продуваемого профиля, о реальном кинематическом анализе характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (вторичных движущих динамических-инерционных сил), первичных движущих сил от изменения статических давлений потока в пределах контрольного контура $H-H_1$, рис.1, о реальных зонах заторможенного потока и т.д.

Исходя из вышеизложенного, конечной целью серии статей будет являться: показать и доказать, что тягу гребных и воздушных винтов можно увеличить на 200-300%, если устранить кинематическую зону жесткого (упругого) удара в сечении В-В, рис.1в [9, с.124-134], [10, с.142-150]. Поэтому очередная статья будет касаться полного анализа контрвращающихся гребных винтов.

Список литературы: 1. Казанджан П. К. Теория авиационных двигателей [Текст] /П. К. Казанджан, Н. Д. Тихонов, А. К. Янко/ – М.: Машиностроение, 1983, – 223 с. 2. Мамедов Б. Ш. Глава 9. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги,

полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля единичного размаха, как движителя на непрерывных потоках (краткая теория крыла самолета) [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, – Харків: НТУ «ХПІ», 2012, –№50(956), –с.3-17. 3. Мамедов Б. Ш. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги, полетного (тягового) КПД турбореактивных двигателей [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: изд. Технологический центр. Прикладная механика, 2011, –4/7 (52), с. 15-20. 4. Мамедов Б. Ш. Глава 2. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля, как движителя [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, – Харків: НТУ «ХПІ», 2011, – №33, – с.146-153. 5. Мамедов Б. Ш. Глава 7. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля крыла птицы, как движителя [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, Харків: НТУ «ХПІ», –2012, – №44(950), – с.11-20. 6. Мамедов Б. Ш. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги паруса [Текст] / Б. Ш. Мамедов / Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: изд. Технологический центр. Прикладная механика, 2012, –5/7 (59), –с.11-17. 7. Мамедов Б. Ш. Применение уравнения Эйлера для вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД воздушно-реактивных двигателей по внешним параметрам газового потока при $V_i \geq 0$ [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, Харків: НТУ «ХПІ», – 2013, – №4(978) – с.3-15. 8. Мамедов Б. Ш. Единая теория движителей. Вывод формул тяги, полетного (тягового) КПД ракетных двигателей. [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: изд. Технологический центр. Прикладная механика, 2013 –№1/7(61), с.67-71. 9. Мамедов Б. Ш. Глава 4. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках.. Разработка направления технического прогресса в области авиадвигателестроения, связанного с повышением газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете и посадке. [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, –Харків: НТУ «ХПІ», 2011г. – №34, – с.124-134. 10. Мамедов Б. Ш. Глава 5. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках.. Разработка нового направления технического прогресса в области теории и проектирования воздушных винтов, связанное с внедрением в зоне Н-В синусоидального характера изменения осевых скоростей и ускорений газового потока [Текст] / Б. Ш. Мамедов/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, Харків: НТУ «ХПІ», –2011, – №43 – с.142-150.

Надійшла до редколегії 02.06.2013

УДК 629.7.036.001

Единая теория движителей на непрерывных потоках. Краткая теория однорядных гребных винтов/ Мамедов Б. Ш. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.3-14 . – Бібліогр.:10 назв.

Розглядаються недоліки сучасної теорії повітря-реактивних двигунів, пов'язані з помилковою теоремою о під'йомній силі продуваемого профілю, розрахованою професором Н.С.Жуковським у 1912 році.

Ключові слова: кінематичний аналіз, тяга продуваемого профілю, під'йомна сила

Highlights the shortcomings of the modern theory of jet engines, due to mistaken theorem on the lift of blown-profile derived Professor Zhukovskiy in his article "The Vortex Theory of the propeller" in 1912.

Keywords: kinematic analysis, the thrust blown profile lift

С. М. ПОПОВ, д-р філос. наук, проф., ЗНТУ, Запоріжжя

МОДЕЛЬ РОСТУ ЦЕНТРІВ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ПОДРІБНЕННІ ЗМІЦНЮЮЧОЇ ФАЗИ ТВЕРДИХ НАПЛАВЛЕНИХ СПЛАВІВ

В статті подано теоретико-практичне дослідження дії ультразвукових коливань на наплавлений метал, розглянуто основні методи дії ультразвуку, які використовуються в сучасній практиці. Розроблено технологічний алгоритм та імітаційна модель ультразвукового впливу на кристалізацію наплавлених сплавів, при якому досягається ефект диспергування на стадії зародження кристалів твердої надлишкової фази, що забезпечує підвищенні міцнісні характеристики в комплексі з високою зносостійкістю сплаву.

Ключові слова: ультразвук, кавітація, зміцнююча фаза, дисперсність, структура, мікротвердість.

Вступ. Для зносостійких наплавлювальних сплавів характерна наявність у структурі великої кількості твердої фази, а саме: карбідів, боридів, силіцидів, силікокарбоборидів, інтерметалідів і інших. Притому розміри надлишкових зміцнюючих фаз знаходяться у діапазоні від 180 мкм до 40 мкм, і в подрібненому вигляді за рахунок легування модифікаторами близько 30-20 мкм [1]. Відомі методи модифікування сплавів рідкоземельними металами типу церій, ітрій і інші, які дозволяють подрібнити структуру металу, проте і цей ефект при використанні в гетерогенних зносостійких сплавах з великим змістом твердої фази не завжди дає позитивний ефект. Враховуючи той факт, що кількість зміцнюючої фази в гетерогенних сплавах досягає 80%, при агрегатній твердості 65-68 HRC, і діапазоні мікротвердості від 10 до 30 ГПА, стає очевидно, що ці матеріали мають підвищену крихкість, та за наявності навіть незначних ударних локальних вантажень можливі сколювання мікрооб'ємів металу з поверхні і зниження зносостійкості.

Тому, на нашу думку, легування чи модифікування як метод зміни та подрібнення структурно-фазового стану наплавлених сплавів практично себе вичерпав. Головним чином це пов'язано з тим, що одночасно високу зносостійкість та підвищену технологічність твердих наплавлювальних гетерогенних сплавів можливо отримати тільки за умов ультрадисперсного подрібнення надлишкових вкраплень карбідів, боридів та інших твердих хімічних сполук до розмірів 0,5-0,005 мкм [1]. Таким чином, проблема розробки технології та алгоритму ультрадисперсного подрібнення є актуальною на даний час а використання ультразвукових технологій дозволить підвищити однорідність структури разом з подрібненням структури наплавленого металу, що забезпечить підвищенні міцнісні характеристики і високу зносостійкість сплаву.

Аналіз літературних даних. В сучасній практиці дії ультразвуку на метал отримали розповсюдження наступні методи: ультразвукова ударна обробка, дія ультразвуку на метал, що кристалізується, і дія ультразвуку на метал в твердій фазі. Кожний з методів має свої переваги і недоліки, і вибір методу дії – складна задача, при вирішенні якої спеціаліст повинен чітко уявляти кінцеву мету.

Найбільш ефективна зміцнююча технологія – ультразвукова ударна обробка. Зразки для досліджень, технологія і технологічні варіанти УУО виготовлені

і розроблені в Северодвинську [2].

Позитивні результати показало використання УУО при обробці поверхні низьколегованої низьковуглецевої феритно-перлітної сталі 12Х1МФ. Ударна УЗО зварних з'єднань зі сталі 12Х1МФ призводила до зміни структури поверхні: в зоні основного металу спостерігалось подрібнення зерен в 3-4 рази (рис. 1, а), в зоні зварного шва – подрібнення слабке (рис. 1, б), а в ЗТВ – утворення більш світлого поверхневого шару (рис. 1, в).

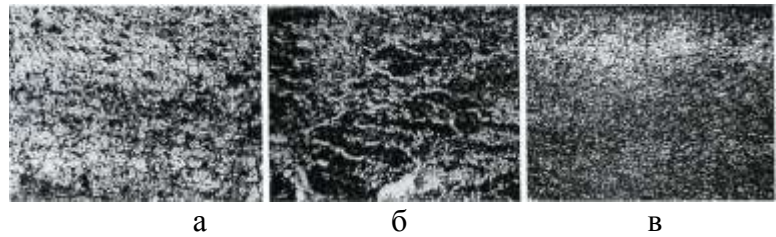


Рис. 1 – Мікроструктура поверхні зварного з'єднання сталі 12Х1МФ після УЗО $\times 100$: а - подрібнення зерен в 3-4 рази; б - подрібнення слабке; в - утворення більш світлого поверхневого шару

Ультразвукова обробка поверхні зварних з'єднань сталі 12Х1МФ підвищує міцнісні характеристики на 2 – 3%, твердість поверхні – на 25-30%, циклічну довговічність зварного з'єднання – в 4-5 разів, а також границю повзучості основного металу [3]. Було встановлено, що при дії УЗК на структуру металу, що деформується, спостерігається два нелінійних ефекти: «акустичне знеміцнення» і «акустичне зміцнення» [4]. Автори роботи [6] вперше помітили зниження статичної напруги під дією УЗК, необхідного для здійснення пластичної деформації при розтяганні монокристалів цинку.

В роботі [6] були наведені цікаві спостереження відносно вмикання імпульсу УЗК. За даними роботи [7], для відпалених м'яких сталей (0,37% С) при дії на них циклічних навантажень величина межі плинності підвищується на 16-21%, а відносне звуження зменшується на 7-57%.

За даними робіт [8, 9], дія ультразвуку призводить до наступних змін структури: зменшенню середньої величини зерна; усуненню стовпчастої структури і утворенню рівноважного зерна; підвищенню однорідності зливка, зменшенню міри розвитку ліквідаційних процесів; більш рівномірному розподілу неметалічних включень за усім обсягом зливка.

Мета роботи. Нами було поставлено задачу розробити технологію ультразвукової дії у момент кристалізації наплавлених сплавів, при якій досягався б ефект ультразвукового диспергування на стадії зародження кристалів, що забезпечить отримання ультродисперсного структурно-фазового стану який повинен одночасно мати підвищені міцнісні характеристики і високу зносостійкість сплаву.

Матеріали дослідження. В якості об'єкту для моделювання процесу кристалізації, в ході вивчення літературних даних, нами була обрана сила в'язкого тертя що виникає при дії ультразвуку. Вибір обґрунтовується тим, що з існуючих теорій найбільш вивчені дві: сили в'язкого тертя і кавітаційні явища, що викликані ультразвуком в розплаві. Аналогічно процесам, що протікають при зварюванні, раціонально в якості досліджуваного об'єкту обрати сили в'язкого тертя, оскільки явище кавітації пов'язано з утворенням бульбашки і подальшим її зхлопуванням, результатом якого є сферичні ударні хвилі з тиском на фронті хвилі в тисячі атмосфер і подрібнення ними зростаючих кристалів. Як згадувалося раніше, процес кавітації пов'язаний з наявністю великої кількості газових включень в розплаві, проте автори розглядають цей процес при кристалізації великого об'єму металу і тривалої дії на рідкий метал, що кристалізується. Процес наплавлення має значно

менший інтервал часу і об'єм ніж кристалізація металу у виливниці, тому явища кавітації пов'язані з ультразвуком матимуть менший ефект ніж в інших випадках, отже для моделювання візьмемо сили в'язкого тертя.

Розглянемо деякий об'єм розплаву, що обмежений кубом. Простір, що займає розплав, розбиваємо на комірки $C_{i,j,k}$, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,n}$, $k = \overline{1,n}$ розмір кожної того ж порядку, що і довжина границі найменшого кристалу в моделі h_0 . Це дозволяє контролювати стан елементарних об'ємів dV розплаву.

$$V_{\text{розплаву}} = n^3 dV, \text{ або, з урахуванням } dV = h^3;$$

$$V_{\text{розплаву}} = n^3 h^3$$

Для спрощення моделі, задаємо такий масштаб, при якому верхівки куба, обмежуючого об'єм розплаву, що розглядається, мають координати $A_1(1,1,1)$, $A_2(-1,1,1)$, $A_3(1,-1,1)$, $A_4(1,1,-1)$, $A_5(-1,-1,1)$, $A_6(1,-1,-1)$, $A_7(-1,1,-1)$, $A_8(-1,-1,-1)$. Об'єм такого куба:

$$V_{\text{куба}} = (1 - (-1))^3 = 8$$

Тоді будемо казати про умовні мікрометри, що відповідають цьому масштабу, для виміру розмірів кристалів.

$$K_l = \frac{V_{\text{куба}}}{V_c} = \frac{8}{V_c}$$

Обираємо такий масштаб K_t модельного часу відносно реального, який дозволить прораховувати новий стан моделі між подіями в ній. Наприклад, нам потрібний певний час для генерації нових кристалів, розрахунку взаємодій і для відображення тривимірної графічної інформації, і нарешті, потрібний час для побудови графіків.

Припустимо, кожний кристал, що є центром кристалізації, породжує навколо себе в середньому $\bar{n}$ інших кристалів. Обчислимо їх координати, приблизно розглядаючи форму кристала як кулю радіусу r :

$$x = x_0 + r \sin \theta \cos \varphi,$$

$$y = y_0 + r \sin \theta \sin \varphi,$$

$$z = z_0 + r \cos \theta.$$

Це перетворення сферичних координат в декартові, які застосовуються в нашій моделі. Центр перетворення співпадає з центром кристала, таким чином, ми, задаючи азимутний і зенітний кути, можемо отримати координати центру нового кристала. Кожен кристал має математичний опис, який складається з трьох основних параметрів:

$$c_i = c(\vec{r}_i, h, A, \omega, \varphi_0^i, t),$$

де $\vec{r}_i(x, y, z)$ – радіус-вектор, що задає декартові координати центру кристала в просторі, A, ω і φ_0 – визначають вимушені коливання кристала під дією ультразвуку, частота визначається характеристиками випромінювання, дія амплітуди ультразвукових коливань змінюється при віддаленні від джерела і є найбільшою в місці підведення ультразвукового випромінювача, але в межах даного мікрооб'єму досить постійна. Початкова фаза φ_0 дозволяє враховувати в моделі ті обставини, коли кристали в момент кристалізації можуть рухатись не синхронно, що насамперед як раз пов'язано з дією сил в'язкого тертя між частками.

t – час,

$$\vec{r}_i = \vec{r}(c_j, \vec{x}(A, \omega, \varphi_0, t)), \quad i = 1..m, j = 1..m, j \neq i,$$

де функція $\vec{x}(A, \omega, \varphi_0, t)$ визначає зміщення в результаті вимушених коливань частки, а c_j описує стан інших кристалів.

Графіки залежності діаметру зерна від амплітуди ультразвукових коливань і кількості зерен і діаметру від часу кристалізації під дією УЗК наведені на рис. 2 та рис. 3 відповідно.

Модель реалізована як додаток на платформі Windows, з використанням бібліотеки OpenGL. Алгоритм запрограмован на мові «Сі шарп» сімейства мов «.NET». Існують дві основні графічні бібліотеки: «OpenGL» і «Microsoft DirectX», але оскільки перша – це бібліотека з відкритим початковим кодом, яка поширюється за ліцензією «GPL», це дозволило нам легально використати її безкоштовно. Обрана бібліотека має більшу гнучку комунікаційну придатність між платформами за рахунок більш високого ступеня абстрагування від устаткування, що також спрощує її використання для реалізації науково-практичних візуалізаційних проектів. Крім того, у бібліотеці містяться вбудовані інструменти для створення сценарію та роботи з текстурами. Для прискорення промальовування візуалізації нами було використано так звані «списки відображення» (англ. «Displaylists»), в яких зберігали дані про вершини поверхонь примітивів і векторів нормалей, що у подальшому дає можливість змінювати масштаб і положення при застосовуванні списку потрібного примітиву.

Для об'єднання платформи «.NET» і системної бібліотеки Open GL ми використали програмний блок фреймворк «Tao Framework», згідно ліцензії «GPL». Це обумовлено тим, що мова «Сішарп» дозволила нам швидко побудувати інфраструктуру моделі згідно з принципами об'єктно-орієнтованого програмування. Тому для компіляції, відлагодження і редагування коду програми для більшої зручності було використано середовище розробки «Microsoft Visual Studio 2008». Крім того, оскільки кожен кристал, є новим центром кристалізації і створює навколо себе переохолоджений об'єм металу, який обумовлює зародження нових кристалів з

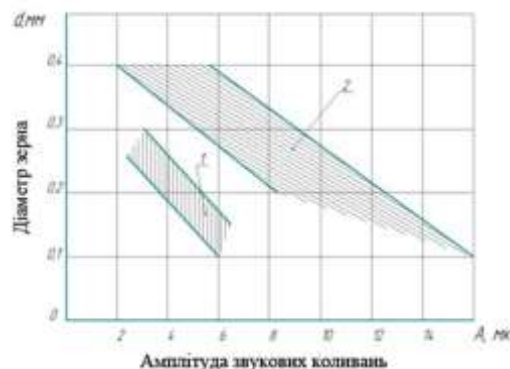


Рис. 2 – Залежність діаметру зерна від амплітуди звукових коливань при наплавленні середньолегованими сплавами (1) і високолегованими сплавами (2)

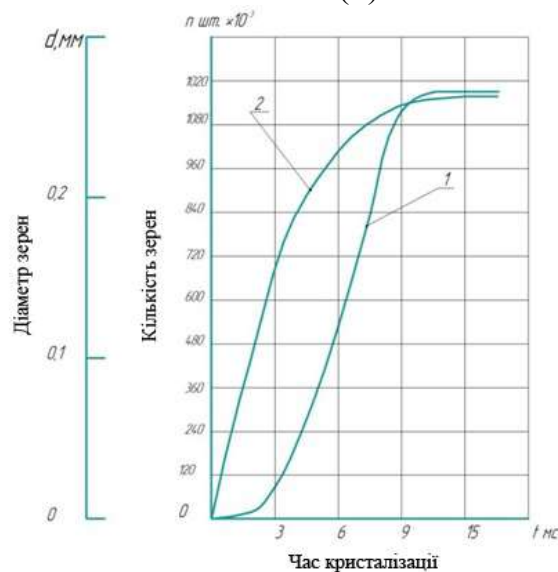


Рис. 3 – Залежність кількості зерен (1) і діаметру (2) від часу кристалізації під дією УЗК

подібними параметрами попередніх фаз, що вже знаходяться у стадії кристалізації нами було використано структуру даних «дерево».

Для динамічного відображення графіків залежностей, нами було розроблено клас діаграм «Chart», який реалізує методи перетворення математичних координат в екранні, містить засоби побудови декількох графіків в одній площині. Робота розробленої моделі реалізована за допомогою програми, алгоритм якої представлений на рис. 4. Спочатку відбувається ініціалізація бібліотеки Open GL, яка взаємодіє з апаратним 3D прискорювачем відеокарти. Відбувається налаштування джерел світла, властивості матеріалів, параметри згладжування ліній.

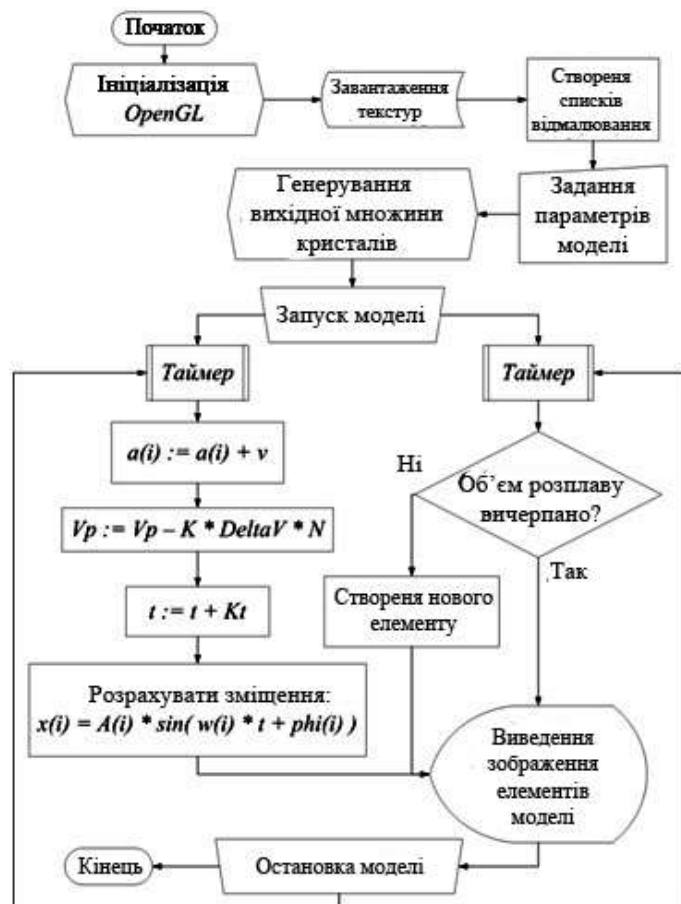


Рис. 4 – Алгоритм розробленої програми

Далі виконується завантаження текстури, якою будуть покриті многогранники, що імітують зерна. Текстура має бути зображенням спеціального формату і після завантаження може зберігатися у відеопам'яті. Після чого, створюються списки відображення, які значно прискорюють промальовування великої кількості однотипних елементів, таких, як кристали в нашій моделі, які в прийнятому наближенні відрізняються тільки розміром, положенням в просторі і трьома кутами повороту. На наступному етапі користувач може відкоригувати параметри моделі, такі як інтервали спрацьовування таймера, масштаб часу, початкову кількість зерен і їх початковий розмір. Після того як зроблена ініціалізація, генерується задана кількість кристалів. Користувач натискає кнопку «Пуск» і в роботу включаються два таймери. Перший таймер спрацьовує кожні 66 умовних мілісекунд і оновлює параметри існуючих кристалів. Літерою a позначено діаметр кристалу. Діаметр i -го кристалу збільшується відповідно швидкості зросту v . Кристал при зростанні зменшує об'єм розплаву, предмета кристалізації V . Об'єм кристалізованого розплаву зменшується на стільки, на скільки збільшується сумарний об'єм кристалів. Далі збільшується час в моделі. Етапи розвитку процесу кристалізації в часі гетерогенних сплавів під дією УЗК в різні моменти часу наведено на рис. 5.

Після цього, на підставі закону вимушених гармонійних коливань розраховується зміщення кристалу відносно положення спокою. $A(i)$ – амплітуда i -го кристалу, яка змінюється і залежить від віддалення від джерела ультразвуку; $w(i)$ – частота коливань, $phi(i)$ – початкова фаза, а t – це модельний час. Параметри розраховані і оновлені, тому в наступну чергу переходимо до блоку виведення зображення на екран. Тут виконується тривимірна візуалізація моделі, засобами

бібліотеки розраховується освітлення, виконується перетворення координат для відображення підрізними кутами огляду. Перевіряється, чи натиснув користувач на кнопку «Стоп», і, якщо цього не сталося, триває моделювання. Інший таймер спрацьовує раз в 1400 умовних мілісекунд. Після спрацьовування оцінюється об'єм вільного розплаву, якщо він не вичерпаний і є простір для зростання кристалів, то моделюється поява нових зерен шляхом створення нового елементу даних.

Властивості знову створеного кристала визначаються суміжними кристалами і початковими параметрами. Якщо розплав повністю кристалізувався, то виконується тільки перехід до виведення зображення. Для спрощення у блок-схемі не наведені операції по збору параметрів моделі і побудові графіків залежностей, а ці блоки містяться перед блоком виведення зображення.

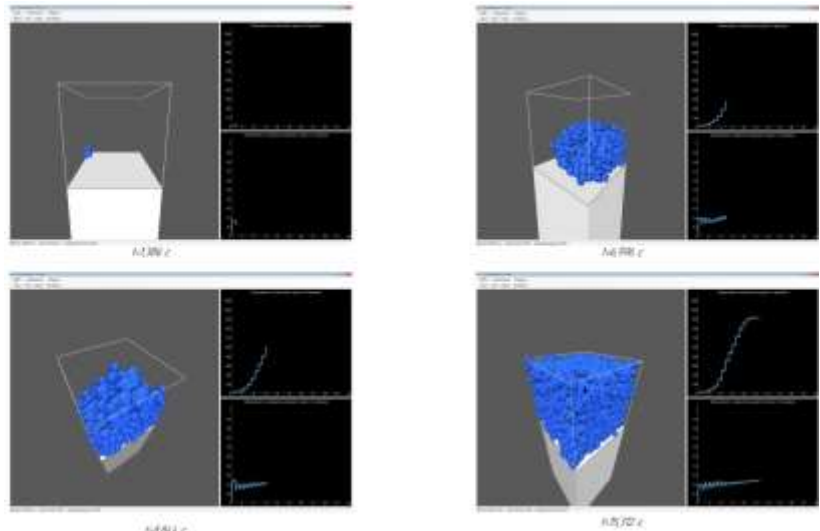


Рис. 5 – Етапи розвитку процесу кристалізації в часі гетерогенних сплавів під дією УЗК

Висновки. Розроблено алгоритм та реалізовано аналітично-імітаційну модель, що дозволяє прогнозувати структуру наплавленого металу під дією ультразвукових коливань. Створений програмний засіб як інструмент надає можливість відтворити процес кристалізації твердої надлишкової фази в часі та дозволяє відстежувати динаміку кількості кристалів і їх середній діаметр. Аналіз розробленої моделі дозволив встановити, що зміна кількості і діаметру зерен відбувається найбільш інтенсивно в початковий момент кристалізації, а за рахунок варіювання технологічних параметрів коливання середній діаметр подрібнених структурно-фазових складових може змінюватись у діапазоні 0,25-0,005 мкм. Тож, доведено принципову можливість того, що використання ультразвукових технологій дозволяє в наплавленому металі на стадії кристалізації підвищити однорідність структури разом з ультрадисперсним подрібненням твердих надлишкових вкраплень.

Список літератури: 1. Попов С. Н. Тріботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні [Текст] / С. Н. Попов, Д. А. Антонюк, Нетребко В. В. // Навчальний посібник. – Запоріжжя: ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 368с. 2. Статников Е. Ш. Технология ультразвуковой ударной обработки как средство повышения надежности и долговечности сварных металлоконструкций / Е. Ш. Статников // Сварочное производство. – 2003. – №4. – С. 17-29. 3. Безбородов В. П. Влияние ультразвуковой обработки на структуру и свойства сварных соединений теплостойкой стали 12Х1МФ / В.П. Безбородов // Сварочное производство. – 2000. – №7. – С. 17-21. 4. Кудрявцев Ю.Ф. Повышение циклической долговечности сварных соединений ультразвуковой ударной обработкой / Ю. Ф. Кудрявцев, В. Ф. Коршун, А. З. Кузьменко // Автоматическая сварка. – 1989. – № 7. – С. 24-28. 5. Пархимович Е. М. Сварка и наплавка в ультразвуковом поле / Е. М. Пархимович. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 207с. 6. Силин Л. Л. Ультразвуковая сварка. Соединение металлов в твердом состоянии и улучшение качества сварных швов / Л. Л. Силин. – М.: 1962. – 254с. 7. Ерохин А. А. Способы ввода ультразвуковых колебаний в сварочную ванну с целью повышения качества шва / А. А. Ерохин, Л. Л. Силин // Сварочное производство. – 1960. –

№5. – С. 4-7. 8. Гуревич Я. Б., Леонтьев В. И., Теумин И. И. Влияние ультразвука на структуру и свойства стали / Я. Б. Гуревич, В. И. Леонтьев, И. И. Теумин // Сталь. – 1966. – №9. 9. Физические основы ультразвуковой технологии / Под ред. проф. Л. Д. Розенберга. – М., 1970 – 685 с.

Надійшла до редколегії 01.06.2013

УДК 669.018.25:519.863

Модель роста центрів кристалізації при ультразвуковому подрібненні зміцнюючої фази твердих наплавлених сплавів/ С. М. Попов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.15-21. – Бібліогр.: 9 назв.

В статье представлены теоретико-практические исследования действия ультразвуковых колебаний на наплавленный металл, рассмотрены основные методы воздействия ультразвука, которые используются в современной практике. Разработан технологический алгоритм и имитационная модель ультразвукового воздействия на кристаллизацию наплавленных сплавов, при котором достигается эффект диспергирования на стадии зарождения кристаллов твердой избыточной фазы и обеспечивает повышение прочностных характеристик в комплексе с высокой износостойкостью сплава.

Ключевые слова: ультразвук, кавитация, укрепляющая фаза, дисперсность, структура, микротвердость.

The article describes the theoretical and practical study of ultrasonic vibrations on the weld metal, the basic methods of ultrasound used in modern practice. The technological algorithm and simulation model for ultrasound treatment on the crystallization of alloys deposited at which the effect of dispersion in their infancy excess phase of solid crystals, which provides increased strength characteristics in combination with high wear resistance of the alloy.

Keywords: ultrasound, cavitation, strengthening phase dispersion, structure, microhardness.

УДК 621.62

С. В. ПОПОВ, канд. техн. наук, доц., Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка;

Т. О. СЕВЕРИН, студентка, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ ПЛОСКОГО ШЛІФУВАННЯ ПЕРИФЕРІЄЮ КРУГА

Розглянутий гідродинамічний тиск між шліфувальним кругом і оброблювальною поверхнею заготовки як показник, що характеризує теплодинамічні явища в зоні шліфування. Для різних умов обробки проаналізовано вказаний показник і запропонували найбільш придатні інструментальні матеріали для шліфування, які забезпечують належні параметри якості обробки металів різанням.

Ключові слова: шліфування, гідродинамічний тиск, швидкість протікання

Вступ. Шліфування є найбільш розповсюдженим методом кінцевої обробки. Висока геометрична точність, продуктивність, можливість отримання високоякісного поверхневого шару приводять до того, що обсяг шліфувальних операцій безперервно збільшується [1].

Розвиток шліфування, поява нових машинобудівних матеріалів і нових абразивних інструментів потребує більш глибоко вивчати фізичну суть цього процесу та дає можливість підвищувати продуктивність при одночасному

© С. В. ПОПОВ, Т. О. СЕВЕРИН, 2013

покращенні якості поверхневого шару. Показники якості поверхневого шару визначаються режимами обробки, характеристиками кругів, складом змащувально-

охладжувальних рідин, але з упевненістю можна стверджувати, що фізико-механічний стан поверхневого шару поверхні безпосередньо після обробки визначається теплофізичними процесами, характерними для шліфування [2]. Теплові явища, що супроводжують процес шліфування, мають остаточний вплив як на протікання процесу, так і на якість шліфованих поверхонь. Процеси формування поверхневого шару деталей і теплоутворення при шліфуванні в більшості залежать від якості абразивного інструменту; величини, форми і розподілу абразивних зерен в кругу; міцності їх закріплення у зв'язці; наявності розподілу та об'єму пор для розміщення зі шліфованого металу.

Розробка нових засобів контролю вихідних експлуатаційних показників та дослідження їх зв'язку з конструкторськими і технологічними параметрами є важливим шляхом щодо розв'язання проблеми управління якістю деталей. Існує ряд гіпотез формоутворення поверхні при шліфуванні, але багато факторів при цьому не враховані, оскільки процес шліфування багатфакторний, а пов'язати хоча б більшість їх в єдину взаємопов'язану теоретичну модель поки що не вдається. Не враховується більшість факторів і явищ, що супроводжують процес шліфування. А саме: температурні фактори; дія змащувально-охолоджувальних рідин; динаміка процесу шліфування; пружність системи круг-деталь; пружність зерна в зв'язці круга; і її зміна під дією високих температур; відмінність умов обробки за видами шліфування; зміна показників якості поверхневого шару деталі.

Процес шліфування виконується ріжучим інструментом з випадково розташованим багато чисельними ріжучими елементами – абразивними зернами, що мають різні кути різання та закріплені в тілі інструменту – зв'язці круга. В процесі різання зернами виникає короточасне локальне нагрівання і послідує охолодження контактуючих ділянок ріжучих зерен і оброблюваної поверхні. Локальне нагрівання до 2000°C і охолодження призводять до появи в поверхневому шарі деталі незворотні нерівномірні структурні зміни. Ці зміни збільшують внутрішні напруження, які при досягненні значень, що перевищують межу міцності матеріалу деталі, призводять до появи мікротріщин на поверхні.

При досягненні в процесі різання температурних структурних перетворень метала деталі і при концентрації тепла виникають структурні зміни поверхневого шару деталі. Виникають пригари, площа яких може досягати декілька сотень квадратних міліметрів, а глибина – декілька десятків долів міліметра.

Для найбільш ефективної обробки і отримання найбільш якісної поверхні деталі при шліфуванні, необхідно охолоджувати поверхню, яка оброблюється. Основним методом охолодження є застосування змащувально-охолоджувальних рідин. Їх теплофізичні і фізичні характеристики, швидкість і режим протікання визначають коефіцієнти тепловіддачі і режим охолодження. Використання змащувально-охолоджувальної рідини характеризується: різким зниженням температури шліфування, в результаті чого знижується ступінь і кількість пригарів, а також мікро тріщин; глибина дефектного шару і величина внутрішніх напружень поверхневого шару деталей; зменшення величини зносу круга; збільшення питомого об'єму металу, знятого з деталей.

Одним із шляхів покращення якості шліфування, на наш погляд, є інтенсифікація процесу теплообміну між поверхнею деталі і змащувально-охолоджуючою рідиною. Процес теплообміну при шліфуванні описується рівнянням гідродинаміки [3, 4], яке в критеріальній формі має вигляд

$$Nu = f(Re, Pr), \quad (1)$$

де Nu – критерій Нуссельта (характеризує теплообмін);

$Re = V \cdot l_0 / \nu$ – критерій Рейнольдса (враховує гідродинамічний режим);

$Pr = \nu \cdot c \cdot \rho / \lambda$ – критерій Прандтля (міра подібності температурних і швидкісних полів в потоці рідини).

Критерій Нуссельта містить коефіцієнт тепловіддачі α , який відображає теплообмін між тілом й охолоджувальною рідиною

$$Nu = \alpha \cdot l_0, \quad (2)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності змащувально-охолоджуючої рідини;

l_0 – відстань від точки падіння струменя змащувально-охолоджуючої рідини на поверхню деталі до зони, що безпосередньо прилягає до зони різання.

Після підставлення критеріїв подібності Рейнольдса та Прандтля рівняння (2) має вигляд:

$$\alpha = B \cdot V_{pid} \cdot l_0^{n-1} \cdot \nu^{n-m} \cdot \lambda^{1-m} \cdot (c \cdot \rho)^m \quad (3)$$

де V_{pid} – швидкість потоку рідини (рис. 1);

ν – кінематична в'язкість рідини;

c – питома теплоємність рідини;

ρ – густина рідини;

B, n, m – емпіричні показники для конкретних умов шліфування, що відповідно дорівнюють 0,23...0,6; 0,5...0,7; 0,5...0,8 [3].

З аналізу рівняння (3) маємо, що найбільш суттєво впливає на коефіцієнт тепловіддачі швидкість рідини V_{pid} , яка визначається не швидкістю витікання із сопла $V_{вит}$ при вільній подачі змащувально-охолоджуючої рідини, а є результатом гідродинамічних явищ між оброблюваною поверхнею і шліфувальним кругом (рис.1.).

Мета роботи. Враховуючи те, що швидкість протікання змащувально-охолоджуючої рідини між шліфувальним кругом і оброблюваною поверхнею характеризується гідродинамічними явищами [5], то метою дослідження є визначення тиску змащувально-охолоджувальної рідини між шліфувальним кругом та оброблюваною поверхнею. Тиск характеризує швидкість протікання змащувально-охолоджувальної рідини, із збільшенням якої інтенсифікується процес охолодження.

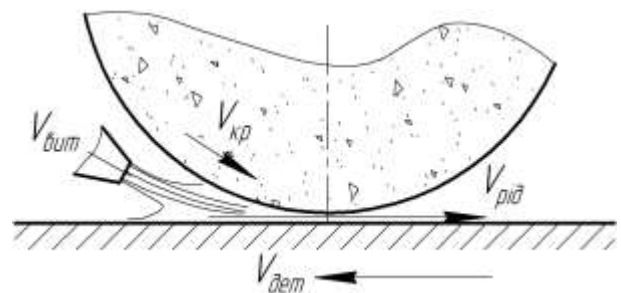


Рис. 1 – Протікання рідини при шліфуванні

Матеріал і результати дослідження. Для вимірювання тиску змащувально-охолоджуючої рідини у зоні шліфування використовували спеціальний вимірювальний стенд, загальний вигляд та принципова схема якого наведена на рис.2 та рис. 3 відповідно. Тиск змащувально-охолоджувальної рідини (рис.3) через отвір в оброблюваній поверхні 2 передається до циліндричної камери 3, на діафрагмі якої встановлені тензометричні датчики. Другий комплект тензометричних датчиків

встановлений на консольно закріпленій пластині 4. Вона виконує функцію датчика переміщення деталі 2 при шліфуванні. Сигнали з датчиків підсилюються багатоканальним підсилювачем 5 і фіксуються самописцем 6 на паперовій стрічці. Оброблювана деталь переміщується відносно шліфувального круга 1. Це дозволяє вимірювати тиск у кожній точці зони шліфування.

Для дослідження гідродинамічних явищ експерименти проводилися в реальних умовах плоского шліфування периферією круга на верстаті моделі 3Г71.

Шліфування виконувалося кругами різних характеристик за зв'язкою:

24А6НС17К6, 24А40НС17К6 – керамічна і 24А6НС1В – вулканітова, та величиною зерна (63...400 мкм) із використанням декількох типів змащувально-охолоджуючої рідини з різними фізичними властивостями: 5% водного розчину емульсолу ЭТ-2 (кінематична в'язкість $\nu=1,1 \cdot 10^2 \text{ см}^2/\text{с}$); масляного розчину 20% И-20А в гасі ($\nu=4,5 \cdot 10^2 \text{ см}^2/\text{с}$) [6, 7].

У результаті проведення дослідів отримані розподіли гідродинамічного тиску P у зоні між шліфувальним кругом і оброблюваною поверхнею деталі (рис.4). Запис переміщення столу і розподілу гідродинамічного тиску відбувався одночасно.

Аналіз кривої розподілу тиску показує, що в звужуючій по ходу обертання круга частині контактної зони утворюється гідравлічний клин з надлишковим тиском, а в розширюючій – від'ємний (вакуумний) тиск рідини. Поступове збільшення гідродинамічного тиску призводить до руйнування повітряної оболонки. Змащувально-охолоджувальна рідина затягується абразивним кругом у звужену щілину в напрямі до зони різання. Точка 1 відповідає моменту дотику потоку змащувально-охолоджувальної рідини з робочою поверхнею шліфувального



Рис. 2 – Загальний вигляд вимірювального стану

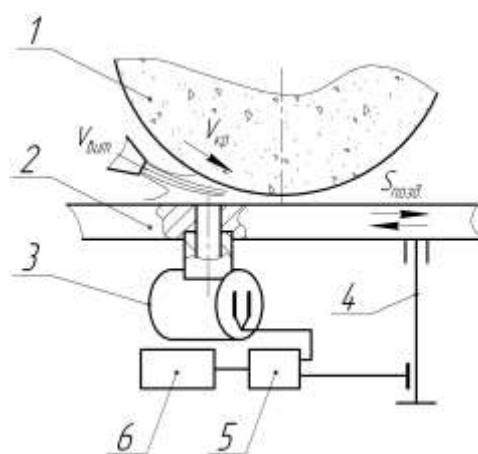


Рис. 3 – Принципова схема стану для вимірювання тиску

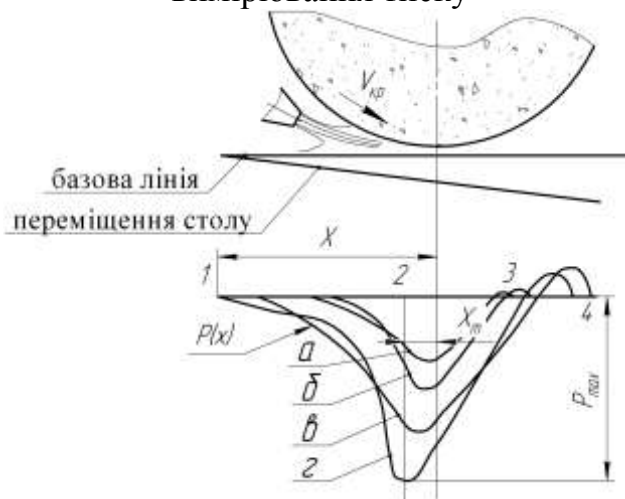


Рис. 4 – Розподіл тиску в гідравлічному клині по довжині поверхні шліфування: а – круг 24А40НС17К6 (охолодження ЭТ-2); б – круг 24А6НС17К6 (охолодження ЭТ-2); в – круг 24А6НС17К6 (охолодження И-20А); г – круг 24А6НС1В (охолодження ЭТ-2)

круга. В точці 2 гідравлічний тиск досягає максимуму. На ділянці 3-4 утворюється розріджений простір внаслідок захоплення й винесення рідини та повітря шліфувальним кругом.

Шліфування здійснювалось кругами із різними характеристиками, для яких одержані відповідні криві гідродинамічного тиску. Аналіз вказаних кривих показує, що гідродинамічний тиск залежить від матеріалу зв'язки шліфувального круга: при вулканітовій 24A6HC1B тиск вищий, ніж при керамічній 24A6HC17K6 однакової зернистості. Це пояснюється тим, що вулканітова зв'язка більш м'яка і зменшується відстань від неї до деталі, що оброблюється. Також вона має меншу пористість.

При зменшенні зернистості інструменту зростає гідродинамічний тиск за рахунок зменшення величини проміжку. Виявлено підвищення тиску при збільшенні в'язкості змащувально-охолоджувальної рідини. При збільшенні подачі рідини тиск не змінюється, а тому не змінюються і умови проникнення її в зону різання.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Аналізуючи криві розподілу, які одержані при шліфуванні, встановлено шляхи інтенсифікації охолодження зони різання, а саме: використання крупнозернистих кругів (24A40HC17K6), що сприяє збільшенню відстані від зв'язки до оброблюваної поверхні, використання змащувально-охолоджуючої рідини з низькою в'язкістю (розчин емльсолу), що зумовлює зменшення гідродинамічного тиску між кругом і поверхнею шліфування. У подальшому необхідно провести експерименти щодо врахування гідродинамічних явищ під час моделювання протікання змащувально-охолоджувальної рідини.

Список літератури: 1. Резников А. Н. Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник / Под. ред. А.Н. Резников – М.: Машиностроение. – 1990. – 288 с. 2. Резников А. Н., Резников Л. А. Тепловые процессы в технологических системах / А. Н. Резников, Л. А. Резников – М.: Машиностроение, – 1990. – 288 с. 3. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности / В. А. Сипайлов – М.: Машиностроение – 1978. – 167 с. 4. Тихонцов А. М., Чухно С. И., Коробочка А. Н. Тепловые процессы при механической обработке материалов резанием / А. М. Тихонцов, С. И. Чухно, А. Н. Коробочка – К.: УМК ВО – 1992. – 288 с. 5. Чулок А. И., Лобанцова В. С. Термический анализ эффективности действия СОЖ / А. И. Чулок, В. С. Лобанцова – М.: Машиностроение – 1988. – 40 с. 6. Энтелис С. Г., Берлинер Э. М. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. С.Г. Энтелиса, Э.М. Берлинера – М.: Машиностроение – 1986. – 352 с. 7. Худобин Л. В. Смазочно-охлаждающие средства применяемые при шлифовании / Л. В. Худобин – М.: Машиностроение – 1971. – 34 с.

Надійшла до редколегії 03.06.2013

УДК 621.62

Дослідження гідродинамічних явищ плоского шліфування периферією круга / Попов С. В., Северин Т. О. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 38 (1011). – С.21-25. – Бібліогр.: 6 назв.

Рассмотрено гидродинамическое давление между шлифовальным кругом и обрабатываемой поверхностью заготовки как показатель, характеризующий теплодинамични явления в зоне шлифования. Для различных условий обработки проанализировано указанный показатель и предложили наиболее подходящие инструментальные материалы для шлифовки, которые обеспечивают надлежащие параметры качества обработки металлов резанием.

Ключевые слова: шлифование, гидродинамическое давление, скорость протекания.

The hydrodynamic pressure is considered between abrasive disc and machined surface as factor, which characterizes heat and dynamic phenomenas in grinding area. The given factor will analysed for different conditions of the processing. The most suitable for grinding instrumental material are offered. They provide the behooving parameters a quality processing metal by cutting.

Keywords: grinding, hydrodynamic pressure, passing speed

Є. Я. ПРАСОЛОВ, канд. техн. наук, проф., ПДАА, Полтава;

Є. В. ПЕДОРА, магістрант, ПДАА, Полтава;

Я. А. БОЧАРОВА, студентка, ПДАА, Полтава

ВДОСКОНАЛЕННЯ АГРЕГАТУ ДЛЯ РОЗКИДАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Приведений аналіз конструкцій агрегатів для розкидання мінеральних добрив. Виконані теоретичні дослідження руху частинки добрив у розсіювальному апараті, які лягли в основу вдосконаленої конструкції. Описана запропонована конструкція та обґрунтована доцільність її використання.

Ключові слова: мінеральні добрива, дозувальний пристрій, розсіювальний апарат, рівномірність внесення добрив.

Постановка проблеми. На ринках сільськогосподарської техніки для поверхневого внесення добрив у ґрунт домінують технічні засоби з відцентровими розсіюючими органами. Вони характеризуються високою продуктивністю та технологічною надійністю, низькою метало- та енергоємністю. Виробничим досвідом доведено ефективність робочих органів з вертикальною віссю обертання.

Протягом століття постійно вдосконалюють машини для внесення добрив з покращеними фізико-механічними властивостями (форма і склад гранул, підвищена міцність, низька гігроскопічність).

Відомі наукові досягнення в цьому питанні вчених П.М. Василенко, С.І. Назарова, М.С. Хоменко, Б.А. Кушилкіна, Ю.І. Якімова, С.А. Тильнома, М.А. Кийслера, А.А. Докучаєва, А.П. Карабаніцького, В.А. Волкова, А.А. Кукібкіна, Е.В. Козловського, Ю.Г., В.І. Смаглієва, І.В. Мори́на, Ю.І. [1, 2, 8].

Аналіз результатів досліджень ротаційних органів машин для внесення мінеральних добрив по поверхні ґрунту показує, що технологічні можливості використовуються недостатньо при створенні нової техніки та експлуатації існуючих технічних засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Національному науковому центрі «ІМЕСГ» розроблені машини для внесення мінеральних [1], які залежать від призначення, технологічної схеми та конструкції ємностей, кількості робочих органів, типу агрегування машин з енергетичними засобами, допоміжних пристроїв, які сприяють підвищенню якості роботи машини і розширенню області їх використання.

Нині в АПК використовуються машини напіввісного типу, які агрегуються з тракторами, а з врахуванням сучасних вимог мають недоліки в дозувальному механізмі мінеральних добрив.

Згідно патентного пошуку можна виділити і обґрунтувати більш прогресивні дозувальні механізми для подальшого вдосконалення.

В агрегаті з привідним механізмом дозувального пристрою для розсіювання мінеральних добрив, що включає дві зірочки, одна з яких ведуча співвісно закріплена до колеса машини, а інша – ведена встановлена на валу живильника, кінематично з'єднані між собою [3, 4].

Описаний привідний механізм простий за конструкцією і забезпечує частоту

обертання вала дозувального пристрою, що пропорційна швидкості руху агрегату та забезпечує незмінність встановленої дози внесення добрив при будь-якій робочій швидкості агрегату. Проте такий привідний механізм має недоліки: а) не захищається живильник від поломок при попаданні в бункер випадкових предметів; б) обумовлюється необхідність використання складного і недостатньо надійного механізму для відключення приводу дозувального пристрою на «холостих» переїздах агрегату.

Відомий привідний механізм дозувального пристрою агрегату для розсіювання мінеральних добрив включає притискний ролик, шарнірно встановлений на поворотному важелі і розташований біля колеса агрегату; гідроциліндр на рамі агрегату, поворотний тримач, з яким з'єднані шток гідроциліндра та пружина, упорний ролик на поворотному [3, 4, 5].

В описаному механізмі обертальний рух від колеса агрегату на притискний ролик передається силами тертя між поверхнями колеса і ролика, а від притискного ролика на вал живильника двома ланцюговими передачами.

Використання в приводному механізмі притискного ролика дає можливість захистити дозувальний пристрій від поломок при попаданні в бункер агрегату випадкових предметів. Спрощується конструкція і підвищується надійність механізму шляхом відключення приводу дозувального пристрою пробуксовуванням або відведенням притискного ролика від колеса гідроциліндром.

Проте, описаний механізм залишається конструктивно складним. Робоче зусилля діє на поворотний важіль під гострим кутом і для забезпечення необхідного притискання ролика до колеса агрегату потрібна з високою жорсткістю пружина, а для управління приводом потрібний гідроциліндр з відповідними технічними характеристиками. Із кінематичної схеми сил видно, що складова зусилля пружини діє вздовж поворотного важеля і передається на опорні підшипники що призводить до їх прискореного спрацювання [5].

Для покращення взято приводний механізм пристрою агрегату згідно патенту №870201 МПК 2009/A04C 17/00, де до поворотного важеля прикріплений кронштейн з отвором на вільному кінці, шток гідроциліндра обладнаний подовжувачем з упором для пружини, яка встановлена на подовжувачі, що вільно проходить через отвір в кронштейні, а на кінці подовжувача закріплений упор для кронштейна. В привідному механізмі для пружини використовується упор шайба, яка фіксується від переміщення шплінтом, що встановлений в один із ряду отворів в подовжувачі, а для кронштейна беруться упорні втулки зі сферичною формою.

Але, привідний механізм дозувального пристрою не забезпечує у вологу погоду та по вологому ґрунту розкидання мінеральних добрив; не достатньо захищений від обриву при потраплянні випадкових предметів; не достатньо захищений від обриву при потраплянні випадкових предметів; не забезпечується плавне регулювання дози внесення мінеральних добрив; відсутній контроль норми внесення та обсягу виконаної роботи.

Мета досліджень. Покращити існуючий привідний механізм дозувального пристрою для розкидання мінеральних добрив та створення можливості якісної роботи у вологу погоду та по вологому ґрунту із забезпеченням плавного регулювання дози мінеральних добрив з контролем обсягу виконаних робіт.

Матеріали, механізми та методика досліджень. За основу для покращення взято машину для внесення добрив [1], в яку внесли зміни у механізм дозувального

пристрою. Агрегат для розкидання мінеральних добрив захищений охоронним документом [6]. Лабораторні досліди та випробування в польових умовах вдосконаленого агрегату (рис. 1) проводились згідно вимог ГОСТ 28714-2007 «Машины для внесения твердых минеральных удобрений».

Викладення основного матеріалу. До сьогодні накопичився значний об'єм результатів теоретичних та експериментальних досліджень ротаційних органів машин для внесення мінеральних добрив.

В нашому випадку, в основу теоретичного обґрунтування руху мінеральних добрив від живильника до диску розкидача взята методика обрахунків відомих вчених : В.В. Адамчука, П.М. Василенка, П.М. Заїки, Ф.М. Конарьова, Ю.І. Матяшина, П.В. Сисоліна [1, 7, 8, 9, 11].

Розглянемо процес сходження добрив з живильника при: куту зрушення добрив $\approx 90^\circ$, швидкість сходження постійна по висоті шару добрив і дорівнює швидкості руху робочої гілки живильника V_n , так як частинки добрив під час руху не ударяються між собою [1].

На частинку добрива масою m , яка вийшла з живильника рухається зі швидкістю V , діє сила тяжіння P і сила аеродинамічного опору F_a (рис. 1).

За основу взято загальний варіант конструкційного виконання машини з врахуванням теоретичних рекомендацій В.В. Адамчук [1, 9] та П.М. Заїка [8].

Рівняння проекції сил, які діють на частинку добрив під час руху записується в декартових координатах так :

$$\begin{cases} F_{py} = -F_a \cos \alpha \\ F_{pz} = P - F_a \sin \alpha \end{cases} \quad (1)$$

де, $F_{py}; F_{pz}$ – відповідно проекції результуючої сили F_p , яка діє на частинку добрив на вісі координат $OY, OZ, (H)$;

F_a – сила аеродинамічного опору, (Н);

P – сила тяжіння, (Н);

α – кут між вектором сили аеродинамічного опору і горизонтальною площиною, (град).

Сила аеродинамічного опору, яка діє на частинку добрива під час її руху в нерухомому повітряному середовищі записується :

$$F_a = k_c m V^c \quad (2)$$

де, $k_c = \frac{g}{V_\lambda^c}$ – коефіцієнт, який характеризує парусність частинок добрив;

m – маса частинки добрив, кг;

V^c – поточне значення швидкості частинки добрив, м/с;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

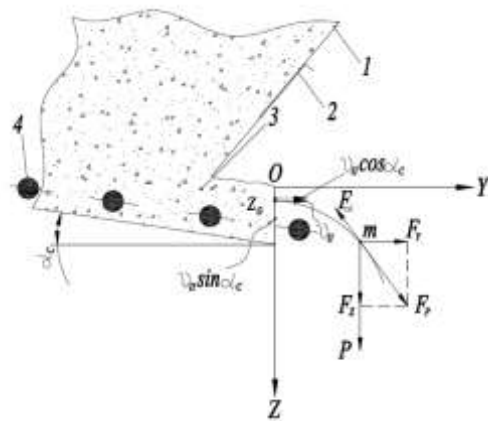


Рис. 1 – Схема руху частинки добрива з живильника : 1– живильник; 2 – шибір; 3 – щілина виходу добрива; 4 – робоча гілка живильника

V_n – швидкість, за якою рухається частинка добрив, м/с;

c – показник ступені відносної швидкості частинки добрив в повітряному середовищі.

Для дослідження процесу руху частинки добрива приймаємо $c=1$, тоді коефіцієнт парусності запишемо так : $k_c = k_1 = \frac{g}{V_n}$.

З урахуванням значень, що складають систему рівнянь (1) запишемо:

$$\begin{cases} \frac{md(V \cos \alpha)}{dt} = -k_1 m V \cos \alpha \\ \frac{md(V \sin \alpha)}{dt} = mg - k_1 m V \sin \alpha \end{cases} \quad (3)$$

Враховуючи, що $V \cos \alpha = V_y$; $V \sin \alpha = V_z$, система рівнянь (3) запишеться так:

$$\begin{cases} \frac{mdV_y}{dt} = -k_1 m V_y; \\ \frac{mdV_z}{dt} = mg - k_1 m V_z \end{cases} \quad (4)$$

де, V_y, V_z – відповідно проекції поточного значення швидкості частинки на вісь координат OY, OZ , (м/с);

t – поточне значення часу руху частинок добрив, с.

Визначається із першого рівняння системи dt :

$$dt = -\frac{dV_y}{k_1 V_y} \quad (5)$$

Шляхом підстановки dt із залежності (5) в друге рівняння системи (4) і після перетворень, отримується:

$$-k_1 V_y dV_z = g dV_y - k_1 V_z dV_y \quad (6)$$

Враховуючи межі значень складових рівняння (6) має вигляд :

$$\int_{V_n \sin \alpha_c}^{V_z} \frac{k_1 dV_z}{g - k_1 V_z} = \int_{V_n \cos \alpha_c}^{V_y} \frac{dV_y}{V_y} \quad (7)$$

де, V_n – швидкість робочої гілки живильника, м/с;

α_c – кут схилу поля, вздовж якого рухається агрегат, град.

Проінтегрувавши рівняння (7) і виконавши деякі перетворення отримаємо рівняння:

$$\ln(g - k_1 V_z) - \ln(g - k_1 V_n \sin \alpha_c) = \ln V_y - \ln V_n \cos \alpha_c \quad (8)$$

Після окремих перетворень рівняння має вигляд:

$$\frac{g}{g - k_1 V_n \sin \alpha_c} - \frac{k_1 V_z}{(g - k_1 V_n \sin \alpha_c)} = \frac{V_y}{V_n \cos \alpha_c} \quad (9)$$

Зробивши підстановку в рівняння значень складових V_y і V_z отримаємо:

$$\frac{g}{g - k_1 V_n \sin \alpha_c} - \frac{k_1 dz}{(g - k_1 V_n \sin \alpha_c) dt} = \frac{dy}{V_n \cos \alpha_c dt} \quad (10)$$

де, z – проекція траєкторії частинки добрив на вісь координат OZ , м.

Помножимо обидві частини рівняння (10) на dt та запишемо його з урахуванням значень складових dt :

$$\frac{g dy}{(g - k_1 V_n \sin \alpha_c) V_y} - \frac{k_1 dz}{g - k_1 V_n \sin \alpha_c} = \frac{dy}{V_n \cos \alpha_c} \quad (11)$$

Визначимо dV_y із першого рівняння системи (4) $dV_y = -k_1 dy$ із врахуванням меж інтегрування, це рівняння матиме вигляд:

$$\int_{V_n \cos \alpha_c}^{V_y} dV_y = -k_1 \int_0^y dy \quad (12)$$

Проінтегруємо рівняння (12), і отримаємо $V_y - V_n \cos \alpha_c = -k_1 y$ визначимо значення V_y і підставимо в рівняння (11) отримаємо :

$$\frac{g dy}{(g - k_1 V_n \sin \alpha_c)(V_n \cos \alpha_c - k_1 y)} - \frac{k_1 dz}{g - k_1 V_n \sin \alpha_c} = \frac{dy}{V_n \cos \alpha_c} \quad (13)$$

З врахуванням меж інтегрування рівняння (13) матиме вигляд:

$$\int_0^y \frac{g dy}{(g - k_1 V_n \sin \alpha_c)(V_n \cos \alpha_c - k_1 y)} - \int_0^y \frac{dy}{V_n \cos \alpha_c} = \int_{z_0}^z \frac{k_1 dz}{g - k_1 V_n \sin \alpha_c} \quad (14)$$

Проінтегруємо (14) і отримаємо :

$$\frac{g}{k_1(g - k_1 V_n \sin \alpha_c)} \ln \frac{V_n \cos \alpha_c}{V_n \cos \alpha_c - k_1 y} - \frac{y}{V_n \cos \alpha_c} = \frac{k_1}{g - k_1 V_n \sin \alpha_c} (z - z_0) \quad (15)$$

де, z_0 – координата частинки добрив по осі OZ в момент її сходження з робочої гілки живильника, м.

Перепишемо рівняння (15) так :

$$\frac{y}{V_n \cos \alpha_c} = \frac{g}{k_1(g - k_1 V_n \sin \alpha_c)} \ln \frac{V_n \cos \alpha_c}{V_n \cos \alpha_c - k_1 y} - \frac{k_1}{g - k_1 V_n \sin \alpha_c} (z - z_0) \quad (16)$$

де, y – проекція траєкторії частинки добрив на осі координат OY, м.

$$y = \frac{V_n \cos \alpha_c}{g - k_1 V_n \sin \alpha_c} \left[\frac{g}{k_1} \ln \frac{V_n \cos \alpha_c}{V_n \cos \alpha_c - k_1 y} - k_1 (z - z_0) \right] \quad (17)$$

Рівняння (17) описує траєкторію частинки добрив з врахуванням початкових умов (z_0, α_c, V_n) і фізико-механічних властивостей k_1 .

Для визначення проекцій швидкості частинок добрив на осі координат слід розв'язати спільно рівняння:

$$\begin{cases} V_y = V_n \cos \alpha_c - k_1 y; \\ V_z = \frac{1}{k_1} \left(g - \frac{g - k_1 V_n \sin \alpha_c}{V_n \cos \alpha_c} V_y \right). \end{cases} \quad (18)$$

При обґрунтуванні параметрів і режимів роботи робочих органів машин слід знати зону надходження добрив, їх швидкість руху і напрямок вектора цієї швидкості.

Наведені вище теоретичні обґрунтування лягли в основу вдосконаленої конструкції агрегату для розкидання мінеральних добрив. Запропонована конструкція працює наступним чином. На рамі (рис. 2) 1 агрегату, яка встановлена на колеса 2, закріплено бункер 3, в днищі якого вмонтовано дозувальний пристрій, який функціонально працює з відцентровим розсіювальним диском 4, який приводиться в рух приводом 5. Згідно за технічним рішенням винаходу, на вал 16 опорного колеса 2 встановлюється шестерня 12, повздовжній рух якої обмежений з одного боку стопорним кільцем 23, а з іншого упорною шайбою 24 та пружиною 19. На вал 18 блока шківів варіатора ведучого встановлюється шестерня 11, яка під дією гідроциліндра 20 та вилки включення 21 входить (виходить) в зачеплення з шестернею 12. При виникненні торцювання між ними при включенні спрацьовує

пружина 19 і приймає навантаження на себе до моменту входження шестерень в зачеплення. Таким чином, обертальний момент з вала 16 передається на вал 18 та блок шківів 7 варіатора ведучого, що встановлений на цьому валу. З блока шківів 7 через клинопасову передачу 9 обертальний момент передається на блок шківів 8 варіатора веденого, який встановлено на валу 14 привода дозувального пристрою. На блокові шківів 7 встановлено гідроциліндр 10 з вхідним штуцером 15, що має малий прохідний отвір. При включенні гідроциліндра рухомий диск блока шківів 7 плавно зміщується відносно нерухомого диска 10, внаслідок чого змінюється робочий діаметр шківа 7 (зменшується або збільшується). Завдяки цьому змінюється сила натягу клинопасової передачі 9, що спричиняє зміну робочого діаметра блока шківів 8. Сила натягу клинопасової передачі компенсується силою стискання пружини, що розміщена на рухомому диску блока шківів 8. Зміна діаметрів робочих поверхонь шківів призводить до зміни швидкості обертання вала 14 дозуючого пристрою 15.

Застосування даного привідного механізму дозувального пристрою дає можливість додаткового регулювання дози внесення мінеральних добрив.

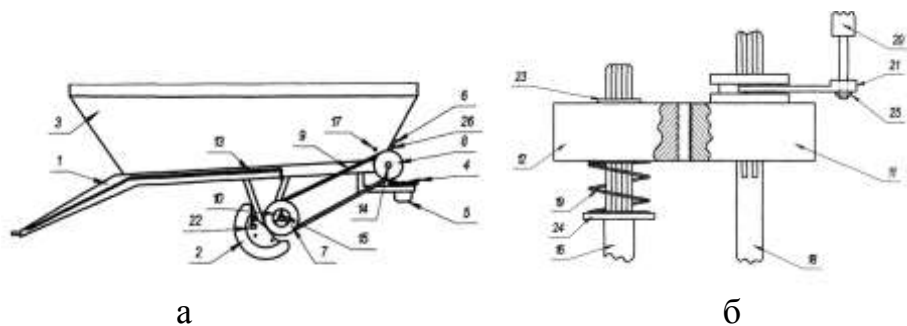


Рис. 2 – Схема конструкції агрегату для внесення мінеральних добрив: а - конструкція; б - механізм дозувального пристрою

Для контролю дози внесення мінеральних добрив та обсягу виконаних робіт розкидачем встановлюється датчик 17 частоти обертів вала дозуючого пристрою, датчик 26 контролю маси виходу добрив та датчик 22 руху агрегату, які передаватимуть зняту інформацію на зчитуючий 20 пристрій, що знаходиться в кабіні трактора. За допомогою зроблених розрахунків та експериментально досліджених даних проводиться калібровка зчитуючого пристрою відносно частоти обертання вала привода дозувального пристрою, положення заслінки 6 та пройденого шляху. При цьому зчитуючий пристрій на моніторі показуватиме кількість внесення мінеральних добрив на гектар та обсяг виконаної роботи.

Агрегат для розкидання мінеральних добрив пройшов випробування на дослідному полі і підтвердив правильність технічного рішення та отримав підтримку в подальшому використанні.

В Україні в агарному виробництві домінують ряд рільничих господарств, які характеризуються спеціалізацією та площами ріллі. Господарства поділяються за площею ріллі: до 5 га, 50 га, 500 га і більше. Ефективність застосування розкидачів характеризується комплексним показником – величиною прямих експлуатаційних витрат [10].

Умовно за вантажопідйомністю навісні розкидачі мінеральних добрив поділяються на групи до 100 кг, 300 кг, 600 кг, 1000 кг, 1500 кг, 2100 кг і більше, а місткість бункера від 0,1 м³ до 2м³ і більше, які агрегуються з тракторами різних тягових класів [10,11]. В АПК широко використовують розкидачі мінеральних добрив з місткістю бункерів: до 600 кг з тракторами тягового класу 1,4; до 1200 кг –

з тракторами тягового класу 1,4, 2,0; 2100 – з тракторами тягового класу 3. Враховуючи вище сказане економічне оцінювання розробки проводилось на етапі випробування згідно ДСТУ 4397:2005 [11].

Ефективність застосування розкидачів добрив визначалась методом порівняння річних сукупних витрат. За результатами агротехнічної оцінки встановленої фахівцями Львівської філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого розкидачі мінеральних добрив з різними місткостями бункерів виконують технологічний процес з показниками якості розподілення добрив у відповідності з агротехнічними вимогами [10]. Запропонований та випробуваний дозувальний пристрій до агрегату для розкидання добрив покращить показники якості технологічного процесу і підвищить економічну ефективність [9, 10].

Висновки. Згідно поставленої мети виконано аналіз відомих конструкцій та результатів останніх досліджень, проведено теоретичне дослідження по обґрунтуванню оптимальних параметрів агрегату з приводним механізмом дозувального пристрою для розсіювання мінеральних добрив. Вдосконалена конструкція захищена патентом України на винахід. Проведені лабораторні дослідження та польові випробування вдосконаленого агрегату згідно вимог нормативних документів. Результати експериментальних досліджень підтвердили ефективність запропонованої конструкції, яка отримала підтримку у подальшому використанні.

Визначена ефективність застосування розкидачів добрив методом порівняння річних сукупних витрат та покращено технологічний процес.

Список літератури: 1. Адамчук, В. В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений: монография. / В. В. Адамчук. – К.: Аграрн. наука, 2012. – 178 с. 2. Якимов, Ю. И. Модернизация разбрасывателей минеральных удобрений МВУ-5 и МВУ-5А. / Ю. И. Якимов, Н. И. Волошин, А.П. Карабаницкий, // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1990. – №7. С. 27–29. 3. Шутиков, М.К., Динамічний аналіз руху частинки вздовж прямолінійної напрямної диска, що обертається / М. К. Шутиков, Р. М. Гіліс, В. Ф. Ярошенко // Механізація та електрифікація сільського господарства: респ. між від. темат. наук.-техн. зб. / УНДЗ ІМЕСГ. –К.: Урожай, 1991. – Вип. 73. С. 66 – 71. 4. А.с. 1123569, МПК⁵ А01С 17/00. Устройство для внесения минеральных удобрений. Заявитель Центр. НИИ МЭСХ нечерноземной зоны СССР / Степчук Л.Я., Барабанов В.В., Василенок Е.М., Михасенок Е.Н., Докучаев А.А. 3608611, заявл. 24.04.1984, опубл. 5.11.1984 р. 5. Пат. 74911. МПК⁶ А01С 17/00. Привід дозувального пристрою машин для розсіювання мінеральних добрив. Заявник і патентовласник ННЦ «ІМЕСГ» / Адамчук В.В., Мойсєєнко В.К., Тихоненко В.В., Адамчук О.В., Кирилов О.І. №2004010695 від 30.01.2004, опубл. 15. 02. 2006, бюл. №2. 6. Пат. 98597 Україна, МПК⁶ А01С 17/00; А01С 19/00. Агрегат для розкидання мінеральних добрив. Заявник і патентовласник: Глущенко О.П., Прасолов Є.Я., Глущенко П.І. / Глущенко О.П., Прасолов Є.Я., Глущенко П.І., Пастухов В.І., Борхаленко Ю.О., Костоглод К.Д. Браженко С.А., Педора Є.В., Бочарова Я.А. №a2011098832, заявл. 08.08.2011; опубл. 25.02.2012, бюл. №4. 7. Якимов, Ю. И. Влияние различных факторов на дальность полёта удобрений при работе центробежных разбрасывателей. / Ю. И. Якимов // Повышение эксплуатационной технологичности агрегатов сельскохозяйственного назначения: тр. Кубан. СХИ. – Краснодар: Кубанский СХИ, 1994. Вып. 34 (369) – с. 57–68. 8. Заїка, П. М. Теорія сільськогосподарських машин / П. М. Заїка. Машини для приготування і внесення добрив .Том1,(част. 3). –Харків: Око, 2002.–352 с. 9. Адамчук, В. В. Аналіз рівнянь розгону частинки мінеральних добрив відцентровим розсіювальним органом/ В. В. Адамчук // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України / Зб. наук. пр. та випробування УкрНДІПВТ ім. ЛШ. Погорімого, 2004. – С. 327–333. 10. Кравчук, В.І. До методології розрахунку технологічної потреби в технічних зсобах для рослинництва / В.І. Кравчук, В.В. Погорілий, В.О. Гусар та ін. // Техніка і технології

Надійшла до редколегії 02.06.2013

УДК 631.3; 631.311; 631.6

Вдосконалення агрегату для розкидання мінеральних добрив / Прасолов Є. Я., Педора С. В., Бочарова Я. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.26-33. – Бібліогр.: 11 назв.

Приведен анализ конструкций агрегатов для разбрасывания минеральных удобрений. Выполнены теоретические исследования движения частицы удобрений в рассеивающем аппарате, которые легли в основу усовершенствованной конструкции. Описана предложенная конструкция и обоснована целесообразность ее использования.

Ключевые слова: минеральные удобрения, дозирующее устройство, рассеивающий аппарат, равномерность внесения удобрений.

Analysis of known designs of mechanisms for dispersal of fertilizer particles is given in this article. Theoretical research of removing fertilizer particles in the apparatus for dispersion in order to optimize design and technological parameters of aggregate is carried out. Based on the research improved design of the apparatus for dispersion fertilizer particles is proposed. This design provides improving operating procedure.

Keywords: mineral fertilizer, apparatus for dispersion, regularity of fertilizer application.

УДК 629.463.001.63

О. В. ФОМІН, канд. техн. наук, доц., ДонІЗТ, гол. констр., ПрАТ «ДМЗ», Донецьк

ВПРОВАДЖЕННЯ КРУГЛИХ ТРУБ В ЯКОСТІ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ РАМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

В статті представлено результати проведених робіт з розгляду можливості та доцільності впровадження у якості елементів рам вантажних вагонів труб круглого перерізу.

Ключові слова: вантажний вагон, рама, труби круглого перерізу.

Вступ. Залізничний транспорт відіграє важливу роль у розвитку національної економіки, є основою при здійсненні виробничих зв'язків між окремими регіонами та країнами. Це визначає особливі вимоги до сучасного рухомого складу, найбільш чисельна та вагома частка якого належить вантажним вагонам [1].

Парк вантажних вагонів об'єднує універсальні, спеціальні та ізоtermічні типи вагонів [2, 3]. В свою чергу до універсальних вагонів відносяться: криті, напіввагони, вагони-платформи, які призначені для перевезення широкої номенклатури насипних, штучних та штабельних вантажів; до парку спеціальних вагонів належать: вагони-цистерни, вагони-хопери, вагони-думпкари, бункерні напіввагони, вагони-транспортери, які призначені для перевезення окремих вантажів або груп вантажів; до ізоtermічних відносяться: рефрижераторні вагони та секції, вагони-термоси, які використовуються для перевезення швидкопсувних вантажів. Також вагонний парк розділяють на вагони для загальносітьового користування та внутрішньозаводського (без права виходу на магістральні залізниці). Вимоги до внутрішньозаводських вагонів значно менші ніж до тих що мають право виходу на шляхи загального користування.

На сьогоднішній день за оцінками фахівців вантажний парк вагонів країн СНД складається більш ніж на 60% із морально застарілих їх моделей які експлуатуються

© О. В. ФОМІН, 2013

на грані призначеного терміну служби. Зазначене визначає необхідність оновлення парку вантажних вагонів. При цьому зі сторони учасників життєвого циклу вагонів постійно зростають вимоги до їх техніко-економічних та експлуатаційних показників (ТЕЕП) і вони віддають перевагу при здійсненні закупівель або орендуванні вагонів конкурентоспроможним їх моделям з сучасним рівнем ТЕЕП. Для задоволення таких потреб та гідного конкурування на ринку транспортних послуг виробниками вантажних вагонів проводяться науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з метою створення моделей вантажних вагонів з конкурентоспроможним рівнем ТЕЕП. Проведені дослідження [4] засвідчили доцільність спрямування наукового пошуку на відшукування та реалізацію конструкційних резервів з поліпшення ТЕЕП вагонів, наприклад за рахунок зниження матеріалоємності конструкцій кузовів вантажних вагонів або поліпшення їх динамічних властивостей. Перспективним напрямком реалізації зазначеного завдання є впровадження у елементи несучих систем вагонів профілів, які будуть забезпечувати зниження загальної матеріалоємності їх конструкцій при виконанні умов міцності.

Головним несучим елементом вантажних вагонів є рама в якості основних складових елементів якої можна виділити: хребтову, проміжні та поздовжні, шворневі, лобові (кінцеві) балки. При цьому на сьогоднішній день до несучих елементів вантажних вагонів висуваються наступні вимоги: вони повинні бути виготовлені із сталей підвищеної міцності згідно ГОСТ 19281, з гарантією зварюваності:

- хребтова балка повинна бути виготовлена із сталі марок 09Г2С, 10Г2Б або 10Г2БД ГОСТ 19281 або 12Г2ФД по ТУ 14-1-5391, класу міцності не нижче 390, категорії зварюваності не нижче 14;

- інші несучі елементи рами повинні бути виготовлені із сталі марок 09Г2, 09Г2Д, 09Г2С, 09Г2СД, 10ХНДП по ГОСТ 19281 або 12Г2ФД, класу міцності не нижче 390, категорії зварюваності не нижче 14.

Разом з цим до освоєння металургійними підприємствами металопрокату з класом міцності не менше 390 допускається використання сталей з класом міцності не менше 345.

Результати аналізу перспективних для вагонобудування профілів [4, 5] та також досвіду інших галузей машинобудування вказали на доцільність розгляду питання впровадження труб круглого (рис.1) перерізу в якості несучих складових вагонів.

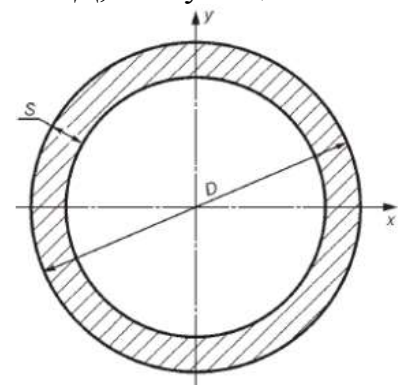


Рис. 1 - Переріз круглої труби

У роботі [5] представлені результати та особливості проведених досліджень з впровадження труб круглого перерізу в якості складових елементів кузовів вантажних вагонів, які підтвердили правильність та перспективність такого напрямку. Проте аналіз спеціально-технічної літератури засвідчив відсутність інформації з проведення аналогічних робіт для складових елементів рам вантажних вагонів.

Мета статті та викладення основного матеріалу. В статті представлено особливості та результати проведених досліджень з впровадження круглих труб у якості несучих елементів рам залізничних вантажних вагонів. Розглянуто приклад

застосування труб замість існуючого виконання хребтових балок базових конструкцій вантажних вагонів та наведено відповідний прототип рами спеціалізованого глухонного напіввагону.

Процедуру впровадження круглих труб представлено у роботі [3] з виділенням трьох основних етапів. Перший етап присвячено визначенню допустимого значення моменту опору перерізу впроваджуваної труби. На другому етапі проводяться роботи з визначення оптимальних (характеризуються мінімальною матеріалоємністю при виконанні умов міцності) значень діаметру D^* (рис.1) та товщини стінки S^* труби, в умовах конструкційних обмежень. І на третьому етапі підбирається існуюче виконання труби із відповідного сортаменту (наприклад з [6]).

При аналізі існуючих виконань рам вантажних вагонів [2, 3] було з'ясовано, що їх головний несучий елемент – хребтова балка в основному виконується з:

- рис.2а двох зварювальних між собою Z-подібних профілів №31 (ГОСТ 5267.3),
- рис.2б двотаврів №45, №55, №60 (ГОСТ 8239) з накладками 450x12мм;
- рис.2в швелерів №30В (ГОСТ 8240) і 300x100x11 з накладками 500x8мм.

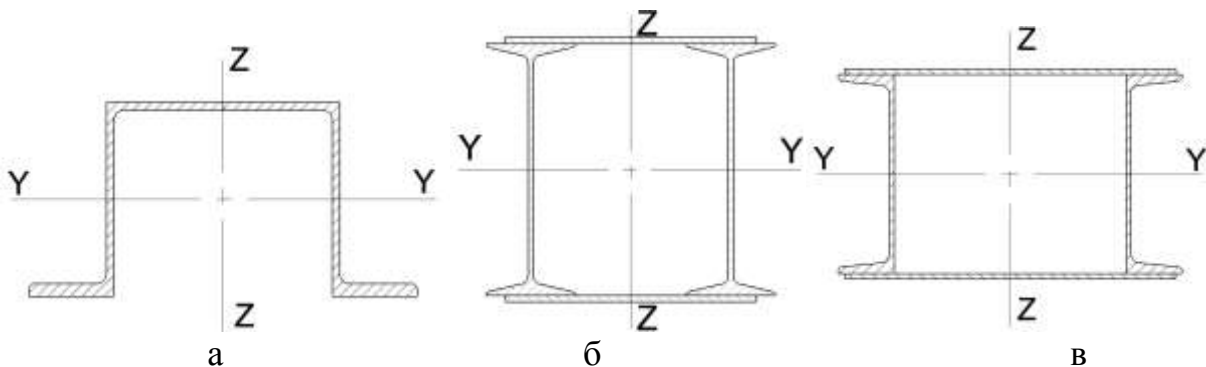


Рис.2 - Перерізи хребтових балок вантажних вагонів з основними елементами :
А - Z-подібні профілі, б - двотаври, в - швелери

При дослідженні вище представлених виконань хребтових балок були визначені їх основні характеристики, які наведено у таблиці 1. Також у таблиці 1 представлені головні характеристики основних елементів рам залізничних спеціалізованих глухонних напіввагонів, які обрано для розгляду доцільності застосування круглих труб у якості несучих елементів. Такий вибір пояснюється тим, що спеціалізовані напіввагони з глухими кузовами, створені для перевезення масових сипких вантажів в замкнутих маршрутах з вивантаженням на вагоноперекидачах, значно ефективніші, ніж універсальні, використовувані для цих же цілей. Це пояснюється тим, що в спеціалізованих напіввагонах при перевезеннях скорочуються втрати сипкого вантажу (до 12 %), знижуються капітальні витрати на виготовлення вагонів (до 15 %), зменшуються собівартість перевезень (до 14 %) при однаковій вісності і витратах на ремонт і технічне обслуговування кузовів в експлуатації.

У табл. 1 поряд з характеристиками існуючих виконань елементів рам вантажних вагонів представлені розрахункові значення їх аналогів із круглих труб, які були отримані за допомогою запропонованого та описаного у роботі [7] підходу.

Таблиця 1 - Розрахункові значення елементів рам вантажних вагонів та їх аналогів із круглих труб

№ п/п	Назва конструкційного елементу	Момент опору елементу, см^3	Площа перерізу, см^2	Погонна маса, кг/м пог.
1	Два зварювальних між собою Z- подібні профілі №31	$W_z = 1994,35$	172,23	133,04
2	Аналог із круглої труби (D=620мм, S=7мм)	$W_{x,y} = 2002,14$	132,41	103,94
3	Двотаври №45	$W_y = 4747,49$	276,83	217,31
4	Аналог із круглої труби (D=890мм, S=7мм)	$W_{x,y} = 4786,39$	190,72	149,71
5	Двотаври №55	$W_z = 6826,48$	343,05	269,29
6	Аналог із круглої труби (D=890мм, S=11мм)	$W_{x,y} = 6847,54$	298,34	234,19
7	Двотаври №60	$W_z = 8108,72$	381,82	299,78
8	Аналог із круглої труби (D=880мм, S=14мм)	$W_{x,y} = 8171,06$	374,09	293,66
9	Швелери №30В	$W_z = 1958,71$	167,54	131,52
10	Аналог із круглої труби (D=615мм, S=7мм)	$W_{x,y} = 1967,32$	131,32	103,09
11	Швелери 300x100x11	$W_z = 1918,74$	157,96	123,995
12	Аналог із круглої труби (D=610мм, S=7мм)	$W_{x,y} = 1933,00$	130,24	102,24
13	Кінцева балка (сер.)	$W_z = 619,74$	82,04	64,39
14	Аналог із круглої труби (D=375мм, S=5мм)	$W_{x,y} = 627,64$	57,08	44,81
15	Шворнева балка (сер.)	$W_z = 1356,31$	115,56	90,72
16	Аналог із круглої труби (D=500мм, S=7мм)	$W_{x,y} = 1361,79$	106,48	83,58
17	Проміжна балка	$W_z = 332,89$	47,01	36,89
18	Аналог із круглої труби (D=285мм, S=5мм)	$W_{x,y} = 335,70$	43,19	33,91

Також для перевірки правильності отриманих результатів був розроблений допоміжний графік (рис.3). З урахуванням того, що у якості головної міцнісної характеристики обиралися значення більшого моменту опору і по ньому підбирався аналог із круглої труби можна зробити висновок, що нова конструкція буде мати кращі міцнісні якості завдяки поліпшенню характеристик її складових.

Аналізуючи отримані та представлені у табл. 1 розрахункові результати, а також допоміжний графік (рис. 3) можна зробити висновок, що кращими міцнісно-масовими показниками будуть характеризуватися труби з більшим діаметром.

В табл. 2 представлені аналоги несучих елементів рам глухонних напіввагонів із труб круглого перерізу сортаменту [6].

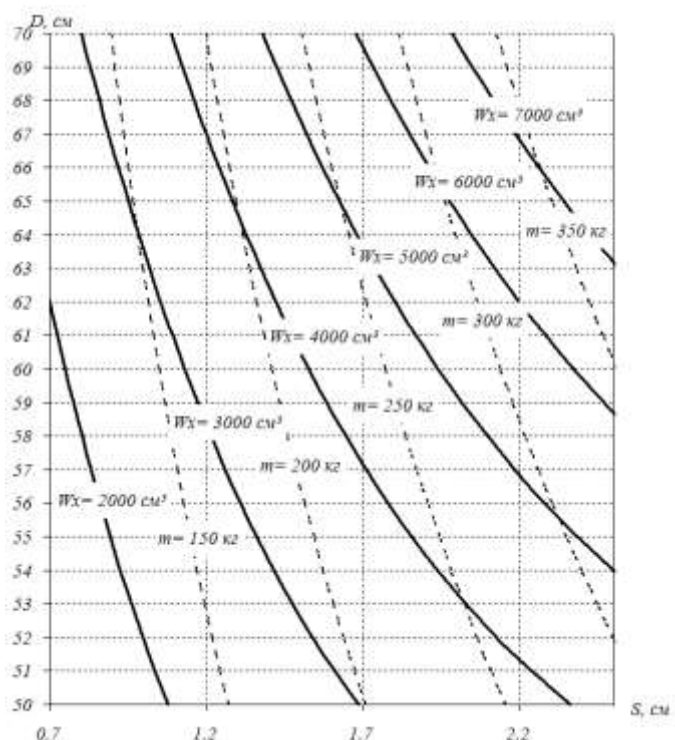


Рис. 3 - Допоміжний графік до визначення оптимальних значень показників перерізу круглої труби

----- лінії рівних значень $m_{i\bar{a}} = f(D, S)$

————— лінії рівних значень $W_{xy} = f(D, S)$

Таблиця 2 - Аналоги несучих елементів рам

№ п/п	Назва конструкційного елементу	Момент опору елементу, см^3	Площа перерізу, см^2	Погонна маса, кг/м пог.
1	Хребтова балка (D=630мм, S=0,7мм)	$W_{x,y} = 2110,41$	137,00	107,55
2	Кінцева балка (D=377мм, S=6мм)	$W_{x,y} = 638,46$	69,93	54,90
3	Шворнева балка (D=530мм, S=7мм)	$W_{x,y} = 1484,21$	115,01	90,29
4	Проміжна балка (D=325мм, S=4,5мм)	$W_{x,y} = 358,09$	45,31	35,57

Для перевірки працездатності впроваджуваних технічних рішень була розроблена комп'ютерна геометрична просторова модель прототипу рами глухонного напіввагону (рис.4). При її створенні також було прийнято до впровадження фігурне виконання по довжині хребтової балки, що дозволить понизити центр ваги загальної конструкції і відповідно поліпшити її динамічні властивості.

Результати аналізу розробленої та представленої на рис.4 комп'ютерної моделі з впровадженням її до загальної конструкції прототипу глухонного напіввагону засвідчили доцільність проведених робіт та перспективність їх подальшого розгортання. Так було

з'ясовано, що впровадження представленого на рис.4 виконання рами дозволить знизити тару напіввагону майже на 400кг з відповідним підвищенням вантажопідйомності, знизити її центр ваги, та підвищити майже на 10% значення навантажувального об'єму кузова.

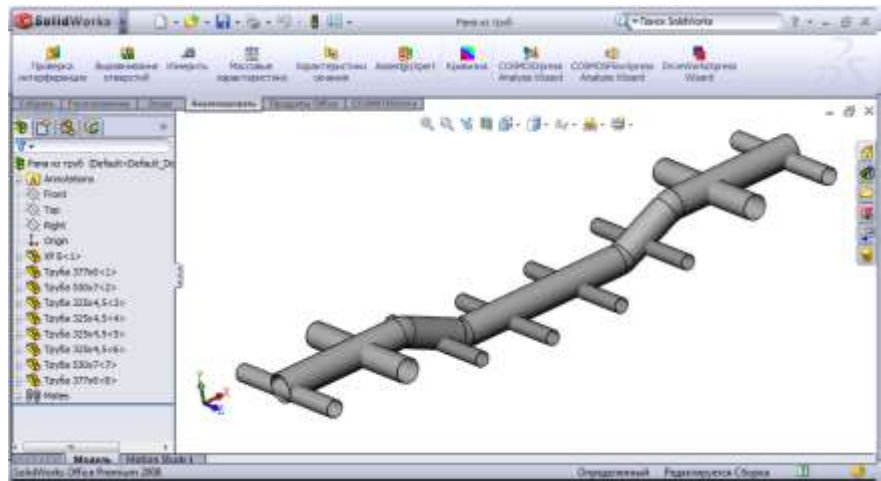


Рис. 4 - Просторова геометрична комп'ютерна модель прототипу рами спеціалізованого глухонного напіввагону із круглих труб зі зниженим центром ваги

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання. Результати проведених та представлених у статті досліджень підтверджують доцільність використання у якості несучих елементів рам вантажних вагонів круглих труб. Так впровадження розглянутих у статті як приклад технічних рішень дозволить знизити собівартість виготовлення та експлуатації залізничного глухонного напіввагону, за рахунок покращення динамічних властивостей його конструкції, а також зниження її матеріалоємності, і відповідних збільшень вантажопідйомності та навантажувального об'єму кузова, при виконанні умов міцності та експлуатаційної надійності.

По результатам робіт подано заявку на винахід.

Наведені матеріали є основою для проведення подальших науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з реалізації розглянутого актуального та важливого для залізничного транспорту України напрямку.

Список літератури: 1. *Ломотько Д. В.* Современный грузовой подвижной состав нового поколения как приоритетное направление развития украинских железных дорог / *Д. В. Ломотько* // Вагонный парк. – 2012. – Вып. 10 (67). – С. 6 - 7. 2. *Харитонов М. И.* Грузовые вагоны: Ч.1: Полувагоны и крытые вагоны/ *М. И. Харитонов, В. Н. Панкин.* – Хабаровск: Изд – во ДВГУПС, 2004. – 88 с. 3. *Харитонов М.И.* Грузовые вагоны: Ч.2: / *М. И. Харитонов, В.Н. Панкин.* – Хабаровск: Изд – во ДВГУПС, 2006. – 134 с. 4. *Фомін, О. В.* Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва: монографія/ *О.В.Фомін.* – Донецьк: ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013 – 252с. 5. *Фомін, О. В.* Впровадження круглих труб в якості несучих елементів кузовів вантажних вагонів [Текст] / *О. В.Фомін, М. І. Горбунов, Р. Ю. Дьомін, В. В.Фомін, С. Д. Мокроусов* // Международный информационный научно-технический журнал «Вагонный парк». Харків. – № 8(77)/2013 С.23-25 6. ГОСТ Р 54157-2010 Трубы стальные профильные для металлоконструкций. Технические условия. ОАО «РосНИТИ». Введен 2011.08.01. – 92с. 7. *Фомін, О. В.* Алгоритм визначення оптимальних геометричних параметрів складових елементів вантажних вагонів на основі узагальнених математичних моделей [Текст]/ *О. В. Фомін* // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ.2013

Надійшла до редколегії 03.06.2013

УДК 629.463.001.63

Впровадження круглих труб в якості складових елементів рам вантажних вагонів/ Фомін О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.33-38 . – Бібліогр.: 7 назв.

В статье представлены результаты проведенных работ из рассмотрения возможности и целесообразности внедрения в качестве элементов рам грузовых вагонов труб круглого перерезу.

Ключевые слова: грузовой вагон, рама, трубы круглого сечения.

In the article the results of the conducted works are presented from consideration of possibility and expedience of introduction as elements of frames of freight carriages of pipes of round to the cut.

Keywords: freight carriage, frame, pipes of round section.

УДК 621.374::00.61

Н. Е. САПОЖНИКОВ, д-р техн. наук, проф., СКУЭИП, Севастополь;
Д. В. МОИСЕЕВ, канд. техн. наук, доц., СКУЭИП, Севастополь;
П. С. БЕЙНЕР, аспирант, СКУЭИП, Севастополь;
Н. В. БЕЙНЕР, аспирант, препод., СКУЭИП, Севастополь

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ПРИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ФОРМЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Проведена оценка зависимости точности и быстродействия при представлении дискретной информации в виде вероятностных отображений, что делает возможным применение вероятностной формы представления информации для построения информационно-измерительных систем.

Ключевые слова: вероятностная форма представления, точность, быстродействие.

Введение. Важнейшими составляющими эффективности для информационно-измерительных систем (ИИС), являются показатели живучести, надёжности, точности воспроизведения исходной информации, способности функционировать в реальном масштабе времени, затрат оборудования, стоимости разработки, производства и эксплуатации [1].

Хорошо знакомым на сегодняшний день является представление информации в виде двоичных позиционных параллельных или последовательных кодов.

Гораздо менее известной является дискретная форма представления информации в виде вероятностных отображений [2,3].

Постановка задачи. Известны основные преимущества вероятностной формы представления данных: малый аппаратный объём, повышенная помехозащищённость, способность функционировать в масштабе реального времени. Однако недостаточно освещённым является вопрос обратной зависимости между точностью и быстродействием вероятностных ИИС, приводящий к необходимости снижения частотного диапазона использования ИИС либо к увеличению погрешности представления [4].

Целью данной работы является оценка точности и быстродействия при представлении информации в вероятностной форме.

Решение задачи. Преобразование сигнала из любой формы в рассматриваемую основано на замене значения измеряемого параметра сигнала соответствующей ему вероятностью. В зависимости от правила, в соответствии с которым это происходит, методы преобразования делятся на однолинейное однополярное, однолинейное двухполярное и двухлинейное двухполярное представления [3]. В первом, наиболее простом случае, процесс преобразования может быть выполнен в соответствии с правилом

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } x_i > R(t_{ij}) \\ 0 & \text{при } x_i \leq R(t_{ij}) \end{cases}, \quad (1)$$

где x_i – i -е значение преобразуемого сигнала $X(t)$; $R(t_{ij})$ – j -е значение вспомогательного случайного сигнала $R(t)$, изменяющегося в интервале изменения $X(t)$; $i = \overline{1, N}$ – количество значений преобразуемого сигнала $X(t)$;

$j = \overline{1, N}$ – количество статистических испытаний каждого значения x_i внутри временного интервала $\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$;

y_{ij} – значение вероятностного отображения сигнала x_i из ряда

$$Y_i(t) = \{y_{i1}; y_{i2}; \dots; y_{ij}; \dots; y_{iK}\}. \quad (2)$$

При принятии диапазона изменения $X(t)$ равным единице максимальное значение $x_i = +1$ будет представлено в вероятностном отображении значениями $y_{ij} = 1$ с вероятностью равной единице в каждом шаге, а минимальное значение $x_i = 0$ теми же значениями $y_{ij} = 0$ с нулевой вероятностью.

В случае подчинения вспомогательного случайного сигнала $R(t)$ равномерному закону распределения в соответствии с

$$F(R) = \begin{cases} 0 & \text{при } r < 0 \\ r & \text{при } 0 \leq r \leq 1 \\ 1 & \text{при } r > 1 \end{cases} \quad (3)$$

математическое ожидание (МО) примет вид

$$M[Y_i(t)] = P(y_{i,j} = 1) = x_i. \quad (4)$$

Важнейшим следствием из (4) является тот факт, что значение исходного параметра x_i поддаётся восстановлению из его вероятностного отображения y_i , что делает возможным обратное преобразование параметра вероятность-значение. Определяя МО от вероятностного отображения при равномерном законе распределения как ординату интегрального закона распределения $F_{x_i}(R)$ путём функционального преобразования можно определить величину x_i^* , являющуюся оценкой x_i .

Оценкой, удовлетворяющей требованиям несмещённости, состоятельности и эффективности примем

$$x_i^* = \{M[Y_i(t)]\}^* = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K y_{ij}. \quad (5)$$

Отсюда следует, что для получения исходного значения необходимо подсчитать количество единиц в его вероятностном отображении и отнести к количеству статистических испытаний.

Величина погрешности вероятностного преобразования зависит от вида закона распределения вспомогательного случайного сигнала $R(t)$ и обратно пропорциональна корню квадратному из числа независимых статистических испытаний K .

Абсолютная погрешность вероятностного преобразования будет равна

$$\Delta = \sqrt{2} \Phi^{-1}(P) \sigma(x_i^*) = \frac{\sqrt{2} \Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{F_{x_i}(R) - F_{x_i}^2(R)}, \quad (6)$$

где Φ^{-1} – функция, обратная функции Лапласа;

P – вероятность того, что истинное значение $F_{x_i}(R)$ принадлежит интервалу с границами $I_p = \{F_{x_i}^*(R) - \Delta; F_{x_i}^*(R) + \Delta\}$.

Нормирование в единичном диапазоне величины

x_i , подвергнутой вероятностному преобразованию, приводит к возможности расчета величины приведённой погрешности по:

$$\gamma = \Delta 100\%. \quad (7)$$

Для решения задачи определения ошибки при вероятностном преобразовании в общем виде некоторой произвольной величины использование формул (6) и (7) показывает, что увеличение количества статистических испытаний уменьшает величину погрешности.

Для выявления количественных закономерностей рассмотрим случай, подчинения вспомогательного случайного сигнала $R(t)$ равномерному закону распределения.

В этом случае выражение (6) для абсолютной погрешности примет вид:

$$\Delta = \sqrt{2}\Phi^{-1}(P)\sigma(x_i^*) = \frac{\sqrt{2}\Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{x_i(1-x_i)}. \quad (8)$$

Как известно из [3] максимальная погрешность при вероятностном преобразовании возникает, когда значение преобразуемой величины x_i находится в середине динамического диапазона $[0; 1]$, то есть при $x_i = 0,5$.

В этом случае оценкой сверху будет:

$$\Delta \leq 0,7\Phi^{-1}(P)\sqrt{K}. \quad (9)$$

В случае использования доверительного интервала равного $P = 0,9973$ имеем $0,7\Phi^{-1}(P) = 1,645$, отсюда абсолютная погрешность вероятностного преобразования равна

$$\Delta_{\max} \leq \frac{1,645}{\sqrt{K}}. \quad (10)$$

Согласно (8) приведённая погрешность вероятностного преобразования будет равна:

$$\gamma \leq \frac{1,645}{\sqrt{K}} \cdot 100\%. \quad (11)$$

В табл. 1 приведены рассчитанные значения величины γ , отображающие зависимость приведенной погрешности от числа статистических испытаний K при разных значениях величины параметра x .

Таблица 1 - Значения приведенной погрешности при вероятностном преобразовании

Количество статистических испытаний K	Значение параметра x				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
1	98.700	131.600	150.767	161.176	164.500
2	69.791	93.055	106.608	113.969	116.319
4	49.350	65.800	75.383	80.588	82.250
8	34.896	46.528	53.304	56.984	58.160
16	24.675	32.900	37.692	40.294	41.125
32	17.448	23.264	26.652	28.492	29.080
64	12.338	16.450	18.846	20.147	20.563
128	8.724	11.632	13.326	14.246	14.540
256	6.169	8.225	9.423	10.074	10.281
512	4.362	5.816	6.663	7.123	7.270

На рис. приведены рассчитанные значения величины γ , отображающие зависимость приведенной погрешности от числа статистических испытаний K при разных значениях величины параметра x из табл. 1. Таким образом вероятность того, что значение $F_{x_i}(R)$ попадает в доверительный интервал, как и ранее, принята равной $P = 0,9973$. Из графиков видно, что приведенная погрешность вероятностного преобразования при равномерном распределении $R(t)$ меньше зависит от значения преобразуемого параметра x .

Случайная, равномерно распределенная функция позволяет получить целый ряд важных преимуществ. Линейность равномерного закона и нормирование в единичном диапазоне приводят к равенствам:

$$x^* = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K y_{a_j}; \gamma = \gamma_x, \quad (12)$$

и, как следствие, при линейном вероятностном преобразовании значение оценки параметра величины x будет получено с погрешностью равной погрешности вероятностного преобразования.

Как отмечалось выше, важнейшим свойством вероятностного преобразования является возможность восстановления значения исходного параметра X_i из его вероятностного отображения Y_i . Знание интегрального закона распределения вспомогательной случайной функции $R(t)$ позволяет путем функционального преобразования определить оценку параметра величины X_i по найденному значению оценки математического ожидания вероятностного отображения.

Выражая из формулы абсолютной погрешности количество испытаний K , необходимое для того, чтобы погрешность не превышала допустимую, получаем:

$$\lceil K \rceil = \left(\frac{\sqrt{2}\Phi^{-1}(P)}{\Delta} \sqrt{x_i(1-x_i)} \right)^2. \quad (13)$$

Расчет количества испытаний K при различном значении абсолютной погрешности Δ и значение преобразуемого параметра x_i приведены в табл. 2.

Анализируя выражения (6), (7) и (13), можно прийти к выводу о том, что количество источников вспомогательных сигналов в значительной степени зависит

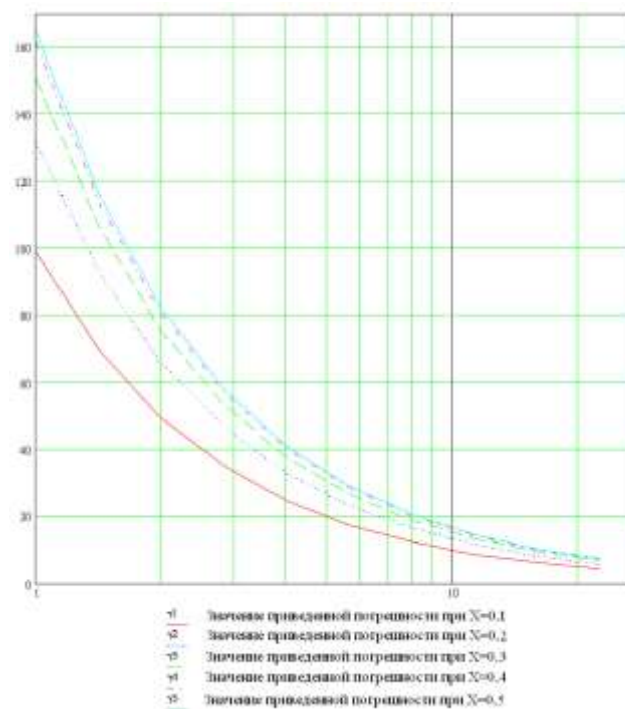


Рис. - Значения величины γ , отображающие зависимость приведенной погрешности от числа статистических испытаний K при разных значениях величины параметра x

от заданной погрешности преобразования, а также от значения величины x_i и, при прочих равных условиях, является максимальным при $x_i = 0,5$.

Таблица 2 - Количество испытаний K , необходимое для достижения допустимой погрешности при различном значении параметра x

Допустимая абсолютная погрешность, D	Значение параметра x				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
1%	2436	4330	5683	6495	6766
2%	609	1083	1421	1624	1692
3%	271	482	632	722	752
4%	153	271	356	406	423
5%	98	174	228	260	271
6%	68	121	158	181	188
10%	25	44	57	65	68

Следует также отметить, что для простоты построения дискретных схем следует выбирать K равным ближайшей сверху степени двойки.

Таким образом, например, для достижения заданной абсолютной погрешности вероятностного преобразования $\Delta = 5\%$ количество испытаний будет равно $K = 512$, что в настоящее время.

Таким образом, становится очевидным основной недостаток вероятностной формы представления данных – обратная зависимость между точностью и быстродействием, что, в свою очередь, приводит к необходимости значительно сужать частотную область применения устройств для реализации заданной точности.

Решение данной проблемы возможно за счет применения параллельного вероятностного преобразования измеряемого сигнала [5].

Выводы. Всё рассмотренное выше позволяет сделать вывод о том, что при представлении информации в ИИС в виде вероятностных отображений при проектировании последних следует учитывать обратную зависимость между точностью и быстродействием. Наиболее целесообразно применять вероятностную форму представления данных в ИИС в случаях, когда решающими требованиями к аппаратному комплексу являются высокая живучесть и надёжность, малые затраты оборудования, полная автоматизация измерительно-вычислительного процесса при ограниченных требованиях к быстродействию.

Указанным требованиям отвечает широкий класс специальных информационно-измерительных систем, применяемых в энергетике при осуществлении радиационного, газового и экологического контроля.

Список литературы: 1. *Надёжность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. Т.1. – Методология. Организация. Терминология.* – М.: Машиностроение, 1986. – 328 с. 2. *Гладкий В. С.* Вероятностные вычислительные модели. – М.: Наука, 1973. – 300 с. 3. *Сапожников Н.Е.* О вероятностном преобразовании информации // *Приборостроение.* – Вып.34, 1983. – С.31-38. 4. *Моисеев Д. В.* Преимущества первичных преобразователей «аналог-вероятность» / Д. В. Моисеев // 36. наук. пр. Академії військово-морських сил імені П.С. Нахімова. – Севастополь: АМВС ім. П.С. Нахімова, 2011. – Вип. 1 (5). С 115-120. 5. *Моисеев Д. В.* Метод построения вероятностного широкодиапазонного спектрометра повышенной точности / Д.В. Моисеев, Н.Е. Сапожников // 36. наук. пр. СКУЯЕтаП. – Севастополь: СКУЯЕтаП, 2010. – Вип. 2(34) С. 209–215.

Надійшла до редколегії 03.06.2013

Оценка точности и быстродействия при вероятностной форме представления информации/ Н. Е. Сапожников, Д. В. Моисеев, П. С. Бейнер, Н. В. Бейнер// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.39-44. – Бібліогр.: 5назв.

Проведена оцінка залежності точності і швидкодії при поданні дискретної інформації у вигляді імовірнісних відображень, що робить можливим застосування ймовірнісної форми подання інформації для побудови інформаційно-вимірювальних систем.

Ключові слова: ймовірна форма подання, точність, швидкодія.

Accuracy dependence on processing speed when discrete information in the form of a probabilistic mapping representing is estimated. It enables the application of probabilistic information representation form for information-measuring systems design.

Keywords: probabilistic form of presentation, accuracy, speed.

УДК 681.5

Л. Д. ЯРОЩУК, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПІ», Київ;

О. А. ЖУЧЕНКО, асистент, НТУУ «КПІ», Київ

НАЛАШТУВАННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ ПУСКУ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ

Представлені результати налаштування нечіткої системи керування режимом пуску процесу екструзії полімерів. Показано, що факторами, які найбільш впливають на якість системи керування, є кількість термів лінгвістичних змінних та відповідні функції належності, діапазони вхідних змінних, а також складові бази правил. Запропоновані напрямки подальших досліджень.

Ключові слова: нечітка система, полімер, екструдер, режим пуску

Вступ. Сьогодні полімерна продукція використовується фактично у всіх областях людської життєдіяльності. Одним з основних технологічних процесів у виробництві полімерних матеріалів є процес екструзії. Підвищення загальної ефективності даного процесу пов'язане з забезпеченням ефективної роботи на кожній з його стадій. Однією із стадій процесу екструзії є режим його пуску, тобто переходу від стану, коли продукція не виробляється, до стану виробництва продукції із заданими якісними і кількісними характеристиками. Цей режим роботи є режимом непродуктивної витрати сировини та енергоресурсів і, значить, безпосередньо негативно впливає на показники ресурсо- та енергоефективності виробництва.

До теперішнього часу проведення пуску процесу екструзії залишається «мистецтвом оператора» [1], який, базується на власному досвіді та розумінні процесу, виконує функції багатовимірної системи керування. Тому підвищення ефективності пуску процесу екструзії пов'язано із створенням відповідної автоматичної системи керування.

Постановка задачі. Задача керування пуском процесу екструзії є достатньо складною, тому що сам процес характеризується багатопараметричністю, причому саме на стадії пуску його параметри змінюються найбільш інтенсивно. Технологічні ситуації, що виникають під час пуску, практично не повторюються, що не дозволяє створити програмну систему керування [2].

Останнім часом для автоматизації процесу пуску екструдерів застосовують

нечіткі системи керування [3-5]. У роботі [6] запропонована нечітка система керування режимом пуску процесу екструзії полімерів. Ця система, як і будь-яка інша система керування, має бути найкращим чином налаштована для забезпечення найбільш ефективної її роботи.

На відміну від параметричних регуляторів, для яких наперед відомі параметри налаштування і при наявності заданого критерію якості можна відносно легко знайти їх оптимальні значення [7-10] для нечітких регуляторів ця задача не є тривіальною. Це, перш за все, пов'язане з тим, що наперед назвати параметри налаштування неможливо.

Якщо говорити про фактори налаштування нечітких регуляторів, то до таких треба віднести: вибір лінгвістичних змінних та діапазонів їх зміни, формулювання термів лінгвістичних змінних, визначення видів функції належності, формування бази правил, вибір алгоритмів фаззифікації та дефаззифікації. Даний перелік свідчить про суттєву складність задачі налаштування нечіткого регулятора. У певному розумінні на сьогоднішній день розв'язання даної задачі є «мистецтвом проектувальника» нечіткої системи керування. Але, незважаючи на наведені вище труднощі, дана задача повинна бути розв'язана, причому розв'язана на етапі проектування системи керування.

Мета роботи. Метою даної роботи є налаштування нечіткої системи керування [6] режимом пуску процесу екструзії полімерів.

Структурна схема системи керування, що досліджується. Для проведення дослідження впливу названих вище факторів налаштування на ефективність системи керування режимом пуску процесу екструзії полімерів з метою визначення на етапі проектування їх найкращих кількісних і якісних характеристик потрібно скористатися моделлю режиму пуску. Така модель запропонована у роботі [7] і базується на штучних нейронних мережах.

Отже, структурна схема системи керування, що досліджується, представлена на рис. 1.

На рис. 1 використовуються

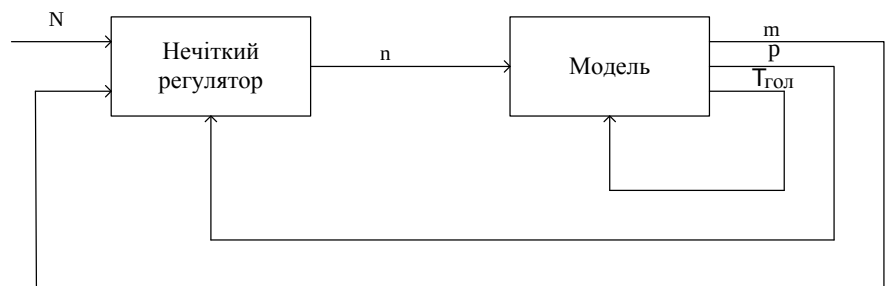


Рис. 1 – Структурна схема нечіткої системи керування такі позначення: N – кінцеве (регламентне) значення швидкості обертання шнеку екструдера; p – поточна швидкість обертання шнеку; P і $T_{гол}$ – відповідно тиск і температура у головці екструдера; m – момент на валу привода шнеку.

Подальше дослідження було проведено за такими напрямками: а) налаштування функції належності; б) чутливість системи керування по відношенню до бази правил; в) залежність якості керування від діапазону вхідних і вихідних змінних.

Налаштування функцій належності. При формуванні функції належності для кожної лінгвістичної змінної потрібно враховувати наступні фактори: 1) кількість термів; 2) вид функції (трикутна, трапеційдальна та ін.); 3) чисельні діапазони кожного терму.

- У загальному випадку дана задача має нескінченну кількість розв'язків. Тому, по-перше, обмежимося трикутними і трапеційдальними функціями належності. По-друге, будемо вважати, що вхідні лінгвістичні змінні мають:

а) три терми; б) п'ять термів.

У результаті дослідженню підлягають такі варіанти функцій належності: для змінної m_1 (рис. 2), яка згідно [6] пропорційна $m\%$ - $n\%$ ($m\%$ - відношення, виражене у відсотках, поточного моменту до максимально допустимого; $n\%$ - відношення, виражене у відсотках, поточної швидкості обертання шнеку до кінцевого (регламентованого) значення).

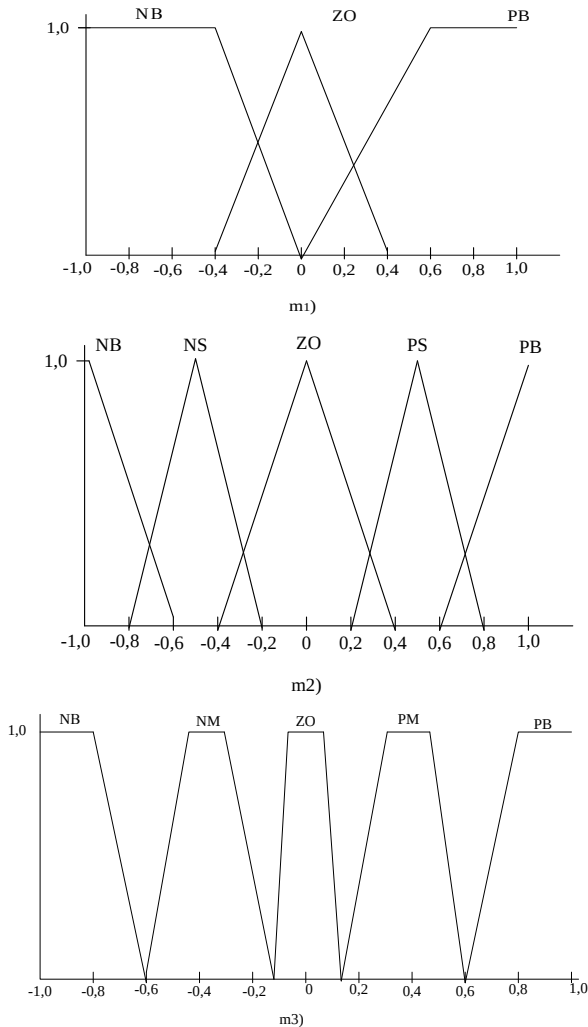


Рис. 2 – Варіанти m_1 , m_2 та m_3 функцій належності для змінної m_1 для змінної n_1 (рис. 3), яка згідно [6] пропорційна $n-N$ (N – задане кінцеве значення швидкості обертання шнеку)

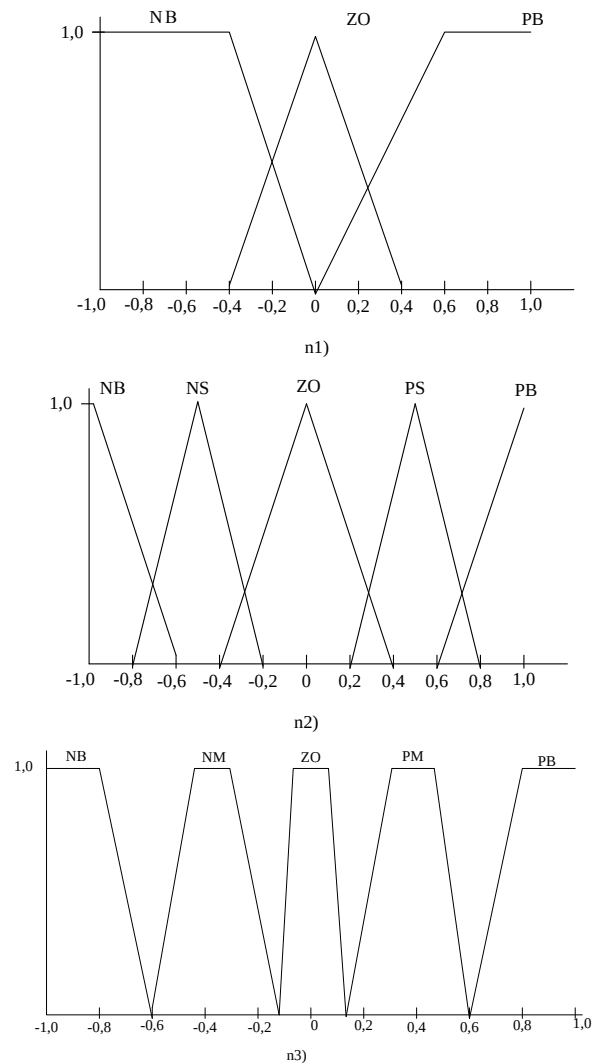


Рис. 3 – Варіанти n_1 , n_2 , n_3 функцій належності для змінної n_1

На рис. 2 та 3 використано такі позначення: NB – від'ємне велике, NS – від'ємне мале, ZO - норма, PS – додатне мале, PB – додатне велике.

Результати моделювання показані на рис. 4.

Як видно з представлених графіків непрацездатною взагалі виявляється система керування, яка використовує 3 терми лінгвістичних змінних m_1 і n_1 у будь-якому з розглянутих варіантів (рис. 4 а - д).

Малопрацездатним є і варіант застосування трикутних функцій належності для обох вхідних лінгвістичних змінних (рис. 4 е). Варіантами комбінацій функцій належності, які в принципі можуть бути використані m_2 - n_3 (рис. 4ж) та m_3 - n_2 (рис. 4з). Але процес пуску дуже затягнутий у часі за рахунок «зворотних» рухів.

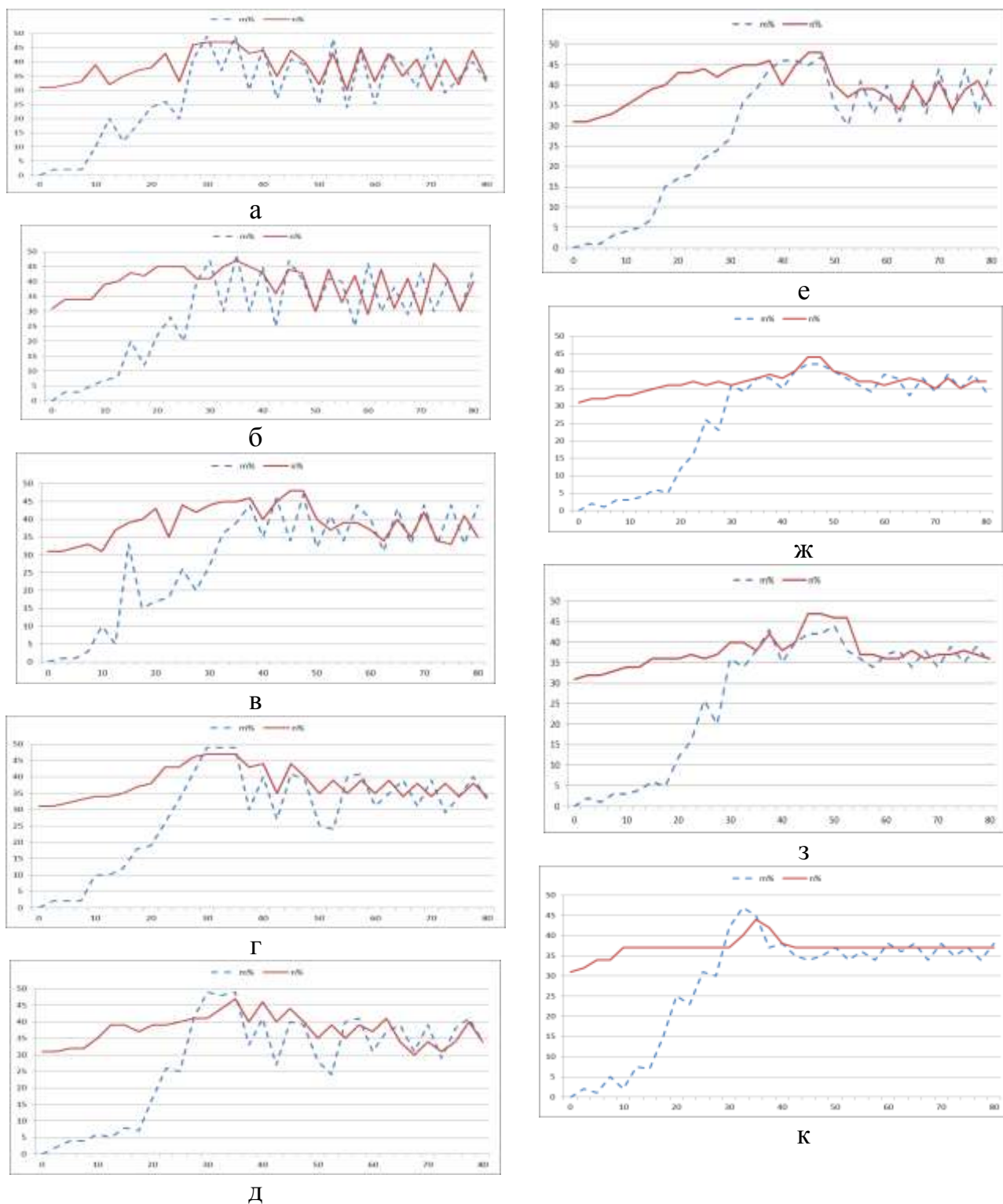


Рис.4 – Результати моделювання системи керування режимом пуску для різних комбінацій функцій належності вхідних змінних: а - m_1-p_1 ; б - m_1-p_2 ; в - m_1-p_3 ; г - m_2-p_1 ; д - m_3-p_1 ; е - m_2-p_2 ; ж - m_2-p_3 ; з - m_3-p_2 ; к - m_3-p_3 .

Із усіх комбінацій функцій належності, що розглядалися, повністю працездатною є комбінація m_3-p_3 (рис. 4 к). Цей варіант системи керування забезпечує досягнення заданої швидкості обертання шнеку (37%) за приблизно 40 хвилин без будь-якого блокування. При цьому $n\%$ трошки перевищує $m\%$.

Для подальших досліджень комбінацію m_3-p_3 взяли за базову.

Дослідження чутливості системи керування по відношенню до елементів бази правил. Вище наведене дослідження можливості застосування різних комбінацій функцій належності вхідних змінних у системі керування режимом пуску процесу екструзії полімерів. Кожній з розглядуваних комбінацій відповідає своя база правил у структурі нечіткого регулятора. Наведемо лише базу правил для найбільш вдалої комбінації m_3 - n_3 (табл. 1).

Таблиця 1 - База правил нечіткого регулятора

Лінгвістична змінна m_1	NB	NS	ZO	PS	PB
Лінгвістична змінна n_1					
NB	+3 Δ	+ 2 Δ	+2 Δ	+ Δ	0
NS	+2 Δ	+ Δ	+ Δ	- Δ	-2 Δ
ZO	0	0	0	- Δ	-2 Δ
PS	- Δ	- Δ	- Δ	- Δ	-2 Δ
PB	-2 Δ	-2 Δ	-2 Δ	-3 Δ	-4 Δ

У табл. 1 Δ означає величину стандартної зміни швидкості обертання. У даному дослідженні значення Δ дорівнювало 1% від діапазону зміни швидкості. Треба зазначити, що ця величина також залежить від частоти внесення керувальних діянь: чим частіше вносяться зміни у сигнал керування, тим меншою має бути величина Δ . Це пов'язано з небезпекою блокування шнеку, що призводить до значних ремонтних робіт.

З метою дослідження чутливості системи керування до змін у базі правил були внесені наступні корективи: 1) якщо $n_1 \in \text{NB}$, а $m_1 \in \text{ZO}$, то вихід буде + Δ (замість +2 Δ); 2) якщо $n_1 \in \text{NS}$, а $m_1 \in \text{NS}$, то вихід буде +2 Δ (замість + Δ). Результати моделювання на рис. 5.

Як свідчать отримані результати, перше коригування (графік 1 на рис. 5) призводить до несуттєвого збільшення тривалості пускового режиму. Другий варіант коригування бази правил викликає більш негативні результати – з'являється небажаний коливний режим, що призводить до значного збільшення тривалості режиму пуску.

Вище розглянуто непринципові коригування бази правил. Спроба змінити правила принципово (наприклад, якщо $n_1 \in \text{NS}$, а $m_1 \in \text{PS}$, то вихід буде + Δ) потенціального приводить до блокування шнеку екструдера.

Дослідження впливу величини діапазону вхідних та вихідної змінної на якість системи керування. Як показано у роботі [6], зміни діапазонів входів і виходів нечіткого регулятора у системі керування режимом пуску процесу екструзії полімерів регулюються масштабними коефіцієнтами K_m , K_n та K_N (перші два – для вхідних змінних, третій – для вихідної). У табл. 2 наведені значення масштабних коефіцієнтів для різних випадків, які досліджувались у даній роботі.

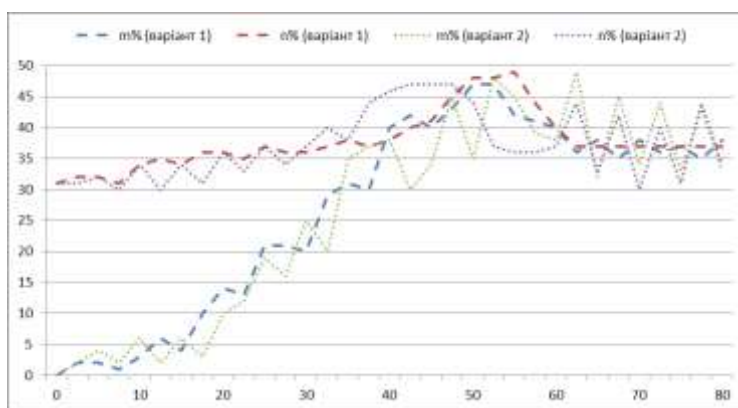


Рис. 5. – Результати моделювання системи керування в умовах внесення коригувань у базу правил

Таблиця 2 – Значення масштабних коефіцієнтів

№ випадку	K_m	K_n	K_N
1	0,0384	0,035	10
2	0,0417	0,035	10
3	0,0384	0,035	5
4	0,300	0,035	10

Результати моделювання представлені на рис. 6.

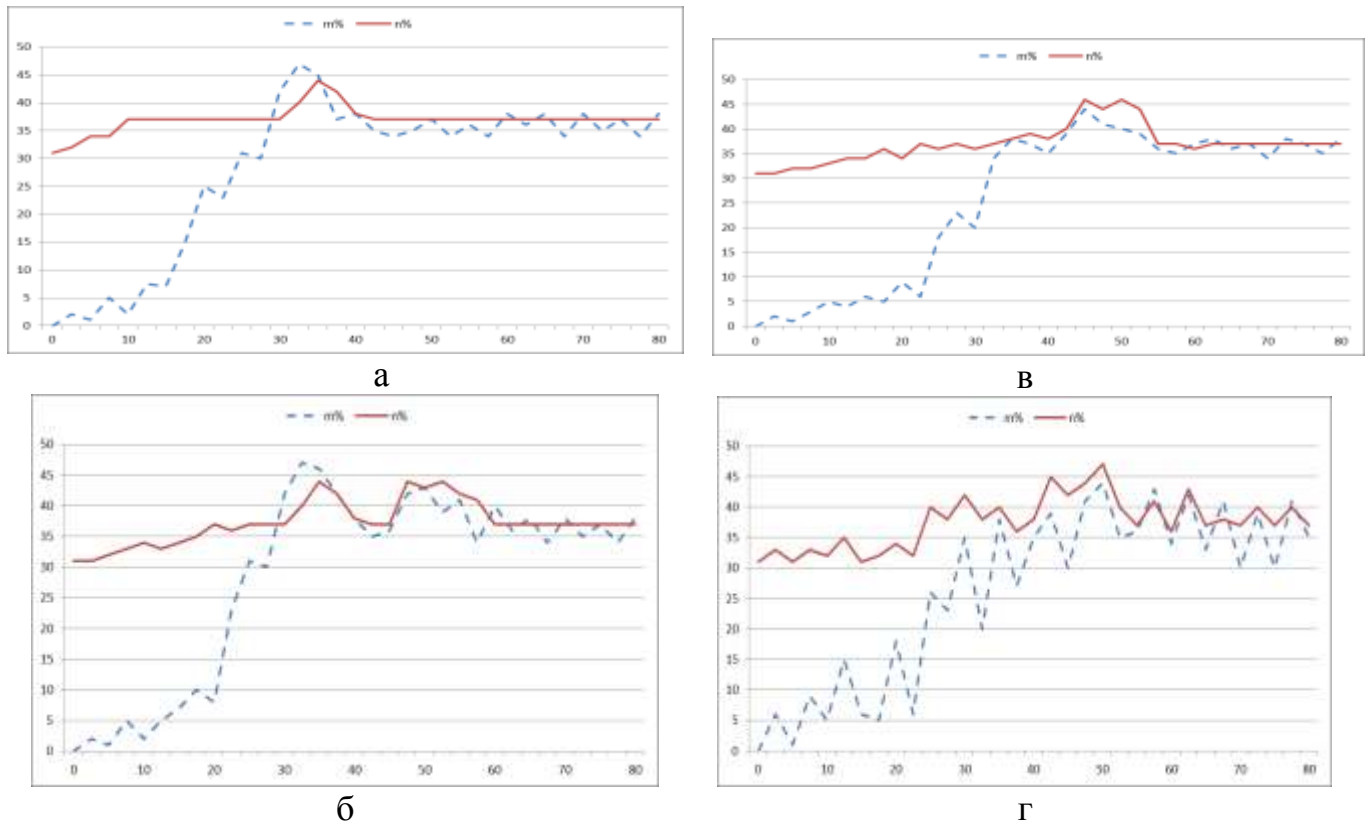


Рис. 6 – Результати моделювання системи керування для різних значень масштабних коефіцієнтів: а - випадок 1; б - випадок 2; в - випадок 3; г - випадок 4

Із отриманих результатів зрозуміло, що якість системи керування режимом пуску екструдера суттєво залежить від правильного вибору масштабних коефіцієнтів. Невірний вибір коефіцієнтів може призвести не тільки до погіршення якості системи керування, як показано на рис. 6б та 6в, а й до неможливості її застосування (рис. 6 г).

Висновки. Синтез нечіткої системи керування режимом пуску процесу екструзії полімерів є нетривіальною задачею, яка передбачає вибір термів лінгвістичних змінних, побудову ефективних функцій належності, формування бази правил, визначення діапазонів вхідних та вихідних змінних.

Проведене дослідження показало важливість правильного визначення всіх названих вище факторів налаштування нечіткої системи керування.

У даній роботі показано, яким чином можна налаштувати нечітку систему керування у «ручному» режимі. Безумовно, це дуже складна задача, яка вимагає значного часу для її розв'язання, причому нема ніякої гарантії, що отриманий кінцевий результат є глобальним оптимумом. Навпаки, є велика ймовірність що цей результат є локальним оптимумом.

У зв'язку з цим у подальших дослідженнях доцільно залучити сучасні методи еволюційного моделювання, зокрема, генетичні алгоритми, для розв'язання задачі налаштування нечітких систем керування режимом пуску процесу екструзії полімерів.

Список літератури: 1. Труфанова, Н. М., Плавление полимеров в экструдерах [текст] / Н. М. Труфанова, А. Т. Щербинин., В. И. Янков // – Изд-во: Ник «Регулярная и хаотическая динамика», Ин-т компьютерных исследований, 2009. – 332 с. 2. Popescu, O., A new approach to modeling and control of a food extrusion process using neural networks and expert system [текст] / O. Popescu, D. C. Popescu, J. Wilder, M. V. Karwe // – Journal of Food Process Engineering. – 2001, 24(1), pp. 17–36. 3. Le, S. J. Application of fuzzy control to start-up of twin screw extruder [текст] / S. J. Le, C. G. Hong., T. S. Han, J. Y. Kang, Y. A. Kwon // – Food Control, 2002, 13, pp. 301–306. 4. Ferdinand, J. M., Monitoring and optimization of the extrusion cooking process [текст]. J. M. Ferdinand, M. L. Holly, E. H. A. Prescott, P. Richmond, A. C. Smith // In M. Renard & J. J. Bimbenet (Eds.), Automatic control and optimization of food process (pp. 519–530). London: Elsevier Applied Science, 1988 5. Ferdinand, J. M., Monitoring and control of the extrusion cooking process [текст]. J. M. Ferdinand, M. L. Holly, E. H. A. Prescott, P. Richmond, A. C. Smith // In R. W. Field & J. A. Howell (Eds.), Process engineering in the food industry: development and opportunities (pp. 77–93). London: Elsevier Applied Science, 1989 6. Жученко, О. А. Нечітка система керування режимом пуску процесу екструзії полімерів [текст] // О.А. Жученко. Інтегровані технології та енергозбереження №1,- 2013. с. 96-100 7. Жученко, О. А. Моделювання режиму пуску процесу екструзії полімерів [текст] // О.А. Жученко. Вісник НТУУ «ХПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, №2 – 2013.

Надійшла до редколегії 02.06.2013

УДК 681.5

Налаштування нечіткої системи керування режимом пуску процесу екструзії полімерів / Л. Д. Ярошук, О. А. Жученко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.44-50. – Бібліогр.: 7 назв.

Представлены результаты настройки нечеткой системы управления режимом пуска процесса экструзии полимеров. Показано, что факторами, которые наиболее влияют на качество системы управления, является количество термов лингвистических переменных и соответствующие функции принадлежности, диапазоны входных переменных, а также составные базы правил. Предложенные направления последующих исследований.

Ключевые слова: нечеткая система, полимер, экструдер, режим пуска.

Results of fuzzy control system tuning of start-up phase of polymers extrusion process are presented. It is shown that the most influential factors on control system quality are terms quantity of linguistic variables and corresponding membership functions, scaling factors and rule base. Directions of future researches were proposed.

Keywords: fuzzy control, polymer, wood, extruder, start-up phase.

УДК 518.9+681.51.011

М. Б. МУНИБ, соискатель, Таврический национальный университет им.В.И.Вернадского, Симферополь

НЕЙРОСЕТЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ЗАДАЧАХ ПРЕСЛЕДОВАНИЯ

Задачи преследования решаются на основе нейросетевого управления. Нейросетевая система управления строится на основе нейросетевого контроллера, который состоит из трех слоев нейронов прямого распространения. Предлагаются примеры реализации нейросетевого управления в задачах преследования. Приводятся результаты обучения системы.

Ключевые слова: нейросетевое управление, задачи преследования, нейросетевой контроллер, прямое распространение, алгоритмы обратного распространения ошибки.

© М. Б. МУНИБ, 2013

Введение. Стремительное развитие новых информационных технологий в направлении создания интеллектуальных средств обработки информации, таких как нейросетевые методы, генетические алгоритмы и т.п., обуславливает их активное внедрение на всех стадиях разработки и совершенствования математического обеспечения информационно-управляющих систем во время решения широкого спектра функциональных задач: интегральных и интегрально-дифференцированных сближения, и преследования. Все это позволяет существенно повысить надежность принятия решений относительно решения задач преследования. Которые, в свою очередь, предусматривают наличие двух или более сторон, способных влиять на процесс с противоположными или не совпадающими целями. К решению задач из этой области относится теория конфликтно управляемых процессов. Данная теория в своей основе имеет общую теорию игр, математическую теорию управления и теории дифференциальных уравнений.

Эффективность математического обеспечения управляющих систем непосредственно связана с увеличением точности математических моделей, используемых для решения соответствующей функциональной задачи и, в свою очередь, достаточной степенью определяется подходом к выбору метода построения этих моделей.

Однако предопределяющим фактором выбора метода построения модели является характер модификации во времени входных переменных объекта, который приходится исследуемым.

Большое внимание в работах данной школы уделяется вопросам практической реализации процедур управления и численного решения прикладных задач теории дифференциальных игр. Однако задачи преследования рассмотрены довольно поверхностно, необходимость улучшения решения задач преследования является актуальной в условиях современности, особенно относительно решения упомянутых задач с помощью нейросетевого управления.

Анализируя многочисленную литературу, которая относится к нейросетевому управлению, необходимо отметить, что на сегодняшний день нейросетевое управление в задачах преследования, является одной из малоизученных. Однако, подходя к изучению данного направления в теории управляемых процессов, следует отметить, что исследование такого задания расширяет круг других не менее интересных задач, которые, в свою очередь, состоят из многочисленных комбинаций, при решении которых зачастую возникают технические проблемы. Это объясняется огромным набором значений, как переменных, так и постоянных, в случае, когда необходимо обработать большой объем информации. При этом появление интегрированных распределенных программ санкционировало к новым возможностям применения численных методов при решении задачи преследования. Исходя из этого, возникает вопрос о разработке новых методов и алгоритмов, многие из которых требуют наименьших затрат времени в программной реализации, на основе этого данные задачи выступают актуальной задачей.

На сегодняшний день достаточно глубоко изучены фундаментальные результаты применения позиционного подхода в игровых задачах преследования, которые касаются систем, движение которых описываются дифференциальными, интегральными, интегро-дифференциальными уравнениями.

Основные результаты поданы в научных трудах М. М. Красовского [1,3], П. Л. Глебова [4], В.Г. Белоус [5], К.Е. Робченко [6], Д.Д. Зинченко [7], стали важным

базисом при выполнении данной работы. Теоретические исследования Д.Д. Зинченко стали основой в исследовании позиционного метода для интегральных игр с фиксированным моментом окончания игры и жесткими условиями на параметры процессов.

Решение дифференциальных игр с участием группы преследователей были предложены в работах О.Д. Мироненко [8], В.А. Терехова, Д.В. Ефимова, И.Ю. Тюкина, В.Н. Антонова [9], Н.Т. Кніфути [10], Л.С. Потрягина [12], А.А. Миняйло [13], К.Є. Робченко [6] и многих других математиков. Отметим, что толчком к появлению большого количества работ по указанной тематике стала статья Робченко К.Е.. Большинство работ, посвященных как задачи преследования, так и задачи убегания рассматривались при определенной превосходстве одной из сторон.

Методика экспериментов. Сущность проблемы, над которой проводится исследование в данной работе, заключается в том, что для применения в задачах для процессов с памятью существующие разработки моделей на базе позиционного метода требуют значительного усовершенствования и обобщения. Более того, учитывая анализ состояния проблемы, оказывается, что ранее задачи в предлагаемой постановке не рассматривались.

Цель работы. Решение задачи преследования с помощью нейросетевого управления. Результат решения актуален для использования многослойных нейронных сетей. А также программной реализации решения таких задач. Научная значимость данного исследования состоит в применении нейросетевого подхода для оптимального управления в задаче преследования.

Обсуждение результатов. Рассмотрим задачу преследования, которую представим системой уравнений:

$$\dot{x} = u, \|u\| \leq a, a > 1, x \in R^n,$$

$$\dot{y} = v, \|v\| \leq 1, y \in R^n$$

где x, y , - геометрические координаты преследователя и беглеца соответственно; $u(t), v(t)$, - измеримые по Лебегу функции. Управление беглеца

$v(t)$ принадлежит

шару $S = \{x \in R^n : \|x\| \leq 1\}$. Управление

преследователя $u(t)$ выбирается из

шара радиусом a :

$aS = \{ax \in R^n : x \in S\}$. Множества

всех таких управлений называются допустимыми и обозначают их Ω_v

и Ω_u соответственно.

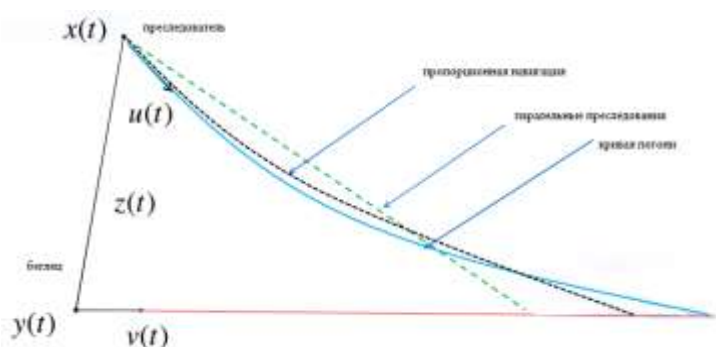


Рис. 1 – Задача преследования

Представим графически

данную задачу преследования (рис. 1): Данную задачу реализуем в нейросетевой системе управления.

Нейросетевая система управления в первую очередь состоит из нейросетевого контроллера, который состоит из трех слоев нейронов прямого распространения. Принцип работы данного контроллера следующий, на вход сети подается ряд параметров: геометрические координаты преследователя и беглеца, скорость

движения, траектория движения, количество операндов. На выходе получаем управленческое влияние, которое, в свою очередь, состоит из трех компонентов, длину вектора управляющего влияния и угол поворота объекта в сети.

Для прогнозирования используем трехслойную сеть прямого распространения. На рис. 2 представлена архитектура трехслойной нейросети в результате некоторых экспериментов.

Нейросетевая модель обучалась алгоритму обратного распространения, а именно модификации SCG. Алгоритм обратного распространения предложенный

Моллером сочетает идеи метода сопряженных градиентов с

квазиньютоновскими методами, и в частности предлагает подход, который реализован в алгоритме Левенберга-Маркварда. Однако, этот алгоритм требует большего числа итераций чем другие, но при этом общее количество вычислений на каждой итерации существенно сокращено.

Процесс обучения отражен на рис. 3.

Для обучения модели были использованы материалы которые включали результаты полученных исследований различных вариантов преследования. Которые приведены в работах Л.П. Глебова [4], Л.С. Потрягина [11] и М. М. Красовского [2].

Далее проведем подгонку обучающей выборки на уже обученной сети. Результаты представим на рис. 4.

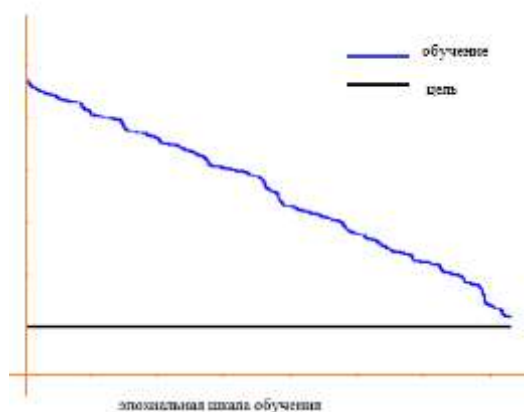


Рис. 3 – Процесс обучения нейросетевой модели алгоритма обратного распространения

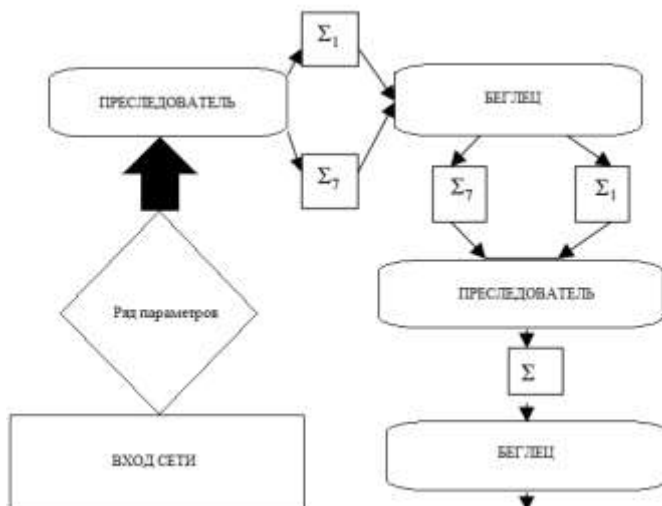


Рис. 2 – Архитектура трехслойной нейросети реализации задачи преследования

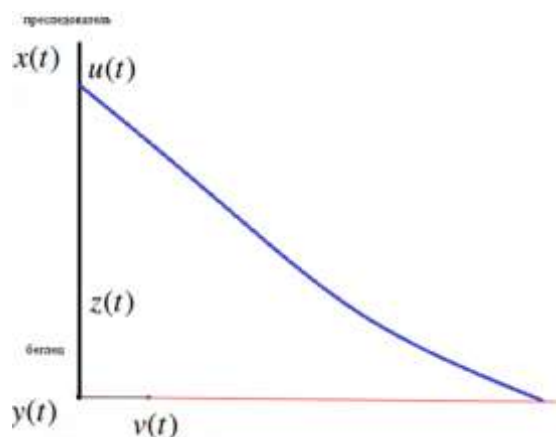


Рис. 4 – Результаты подгонки обучающей выборки на уже обученной сети

Из анализа полученных результатов видно, что проверка на обученной сети дает не 100 % точный результат. Точность данного прогноза на проверочной выборке составляет 77 %. Согласно результатам разработанная система может служить для быстрого и достаточного расчета оптимального пути

преследователя, а соответственно и решения задачи преследования.

Выводы. Теория конфликтно управляемых процессов явилась идеальным полем для применения нейросетевых технологий, и именно в этой отрасли наблюдается наиболее яркий практический успех нейроинформационных методов. Это позволит решить многие вопросы математического аспекта. Своевременное нейросетевое управление позволит решить математические дифференциальные и интегрировано-дифференциальные задачи довольно простым и удобным способом.

Описанный в работе нейросетевой подход санкционирует объединение дифференциальных уравнений в одно общее уравнение, целью которого является очерчивание динамики как объектов, так и системы уравнений, которые, в свою очередь описывают обучение многослойных нейронных сетей, и тем самым, определяют параметры, обеспечивающие устойчивость обучения. Приведенная трехслойная нейросетевая система позволяет моделировать алгоритмы двумерных задач преследования.

Список литературы: 1. Красовский Н. Н. Игровые задачи о встрече движений / Н. Н. Красовский. – М.: Наука, 1970. – 420 с. 2. Красовский Н. Н. Управление динамической системой: задаче о минимуме гарантированного результата / Н. Н. Красовский – М.: Наука, 1985. – 420 с. 3. Красовский Н. Н., Субботин А. И. Позиционные дифференциальные игры / Н. Н. Красовский. – М.: Наука, 1974. – 340 с. 4. Глібов П. Л. Диференціальні ігри / Глібов П. Л., Бойченко Л. Д. – К.: Наукова думка, 1992. – 325 с. 5. Білоус В. Г. Просте переслідування кількома об'єктами // Кібернетика, 1976. – С. 145-146. 6. Робченко К. Є. Диференціальні ігри з простим рухом / Робченко К. Є. – Х.: Фанон, 1989. – 420 с. 7. Зінченко Д. Д. Математичні методи управління декількома динамічними процесами / Зінченко Д. Д. – К.: Вид-у Київського ун-ту, 1990. – 280 с. 8. Мироненко О. Д. Ігрові завдання керування та пошуку / Мироненко О. Д., Григоренко О. Л. – К.: Наука, 1978. – 248 с. 9. Терехов В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И. Ю., Антонов В. Н. Нейросетевые системы управления. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 1999. – 265 с. 10. Кніфута Н. Т. Конфліктно керовані процеси / Кніфута Н. Т. – К.: Наукова думка, 1992. – 320 с. 11. Понтрягин Л. С. Задача об уклонении от встречи в линейных дифференциальных играх / Понтрягин Л. С., Мищенко Е. Ф. // Дифференциальные уравнения, 1971. – Т. 7. – С. 436-445. 12. Понтрягин Л. С. Математическая теория оптимальных процессов / [Понтрягин Л. С., Болтянский В. Г., Гамкрелидзе Р. В., Мищенко Е. Ф.]. – М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., изд. 3-е, 1976. – 392 с. 13. Міняйло А. А. Диференціальні ігри переслідування / Міняйло А. А. – Льв.: Видавництво «Оскар», 1977. – 400 с.

Надійшла до редколегії 01.06.2013

УДК 518.9+681.51.011

Нейросетевое управление в задачах преследования/ М. Б. Муниб// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.50-54. – Бібліогр.: 13 назв.

Завдання переслідування вирішуються на основі нейромережевого управління. Нейромережева система управління будується на основі нейромережевого контролера, який складається з трьох шарів нейронів прямого поширення. Пропонуються приклади реалізації нейромережевого управління в задачах переслідування. Наводяться результати навчання системи.

Ключові слова: нейромережеве управління, завдання переслідування, нейромережевий контролер, пряме поширення, алгоритми зворотного поширення помилки.

Tasks of persecution solved on the basis of neural network control. The neural network control system is built on the basis of neural network controller, which consists of three layers of neurons of direct distribution. Offers examples of implementation of neural network control in problems of persecution. Given the results of the training system.

Keywords: neural network management, tasks of the persecution, the neural network controller, direct distribution, algorithms back propagation of error.

А. Б. КУНГУРЦЕВ, канд. техн. наук, проф., ОНПУ, Одесса;

С. А. КАЛИНИНА, студентка, ОНПУ, Одесса;

Н. А. НОВИКОВА, ст. препод., ОНМУ, Одесса

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ ПРОДУКТУ

В статье автор ставит задачу имитации процесса специфицирования требований к программному продукту. В качестве решения предлагается тренажер определения требований; статья содержит краткое описание модели тренажера. Разработанная модель дает возможность обучаемому самостоятельно выбирать способ взаимодействия с сотрудниками организации-заказчика программного обеспечения и определять последовательность действий для формирования спецификации требований. Предлагается оценивать результат обучения путем анализа полученной спецификации требований и истории работы обучаемого.

Ключевые слова: требования к программному обеспечению; модель определения требований; способ выявления требований.

Введение. Успех программного продукта (ПП) во многом определяется правильной организацией работ по выявлению требований. Члены команды разработчиков ПП могут самостоятельно определять требования, либо привлекать специалиста-аналитика. В любом случае указанная деятельность требует не только профессиональной программистской подготовки, но и определенного жизненного опыта, умения общаться с людьми, аналитических способностей [1]. Все эти знания и умения специалисты-аналитики получают в процессе решения конкретных задач в разных предметных областях.

Для обучения процессу работы с требованиями в вузах предусмотрены различные традиционные виды занятий. Проблема заключается в том, что они позволяют студенту овладеть необходимым набором теоретических знаний, но не дают возможности промоделировать его взаимодействие с сотрудниками организации-заказчика программного продукта. Организация практических занятий в реальном процессе выявления требований практически неосуществима, в виду нерегулярности этого процесса, невозможности проведения «массовых» мероприятий, повторения определенного сценария и т. д.

Использование деловых игр [2,3], где роли заказчика и разработчика выполняют обучаемые, также некорректно, поскольку в основе выявления требований лежит взаимодействие двух (или более) лиц, с разной областью интересов и знаний. В работе [4] предложена методика обучения основам проектирования ПП с использованием ролевых компьютерных игр, однако не рассмотрены возможные реализации этапов этого процесса.

Таким образом, существует проблема создания модели реальной среды в рамках которой, обучаемый может «взаимодействовать» с заказчиком, выявлять заинтересованных лиц, проблемы, необходимые функции и другую информацию, необходимую для создания спецификации требований к программному продукту.

Цель работы. Целью работы является построение модели процесса сбора требований к программному обеспечению. Созданная модель ляжет в основу программной системы-тренажера для симулирования сбора требований.

Определим основные требования к модели.

1. Определение названия и краткой характеристики проекта, что даст возможность правильно выбрать направление дальнейшей деятельности обучаемого.
2. Представление структуры организации-заказчика в объёме, достаточном для выявления и получения доступа ко всем заинтересованным в проекте лицам.
3. Представление способов выявления требований, ассоциированных с заинтересованными лицами.
4. Представление документов и видов деятельности, ассоциированных с рабочими местами.
5. Предоставление возможности обучаемому «перемещаться» по организации, выбирать способы выявления требований, формировать фрагменты спецификации требований.
6. Предоставление обучаемому подсказок по методике и последовательности выявления требований, не связанных с конкретной организацией-заказчиком.
7. Хранение «истории» работы обучаемого с моделью.
8. Оценка результатов работы обучаемого путем анализа его действий и сравнения созданной им спецификации требований с эталоном.

Структура модели. В дальнейшем будем называть модель процесса определения требований главной моделью. Предложено представить главную модель в виде совокупности трех моделей:

$$M = \langle Mo, M \text{ inf}, Mp \rangle, \quad (1)$$

где Mo - структурная модель исследуемой организации (модель предметной области),

$M \text{ inf}$ - информационная модель,

Mp - модель обучаемого.

Модель организации. Модель организации предназначена для представления структуры организации, для которой разрабатывается информационная система. Модель имитирует рабочие места, подразделения, связи подчинения и взаимодействия, существующие в организации-заказчике. Представим Mo в виде множества узлов:

$$Mo = \{U_i\} i = 1, n \quad (2)$$

Каждый узел представляет собой некоторую структурную единицу организации:

$$U_i = \langle N, D, Lh, Ls, Lc \rangle \quad (3)$$

где N - название (идентификатор) узла,

D - структурное подразделение, в которое входит узел,

Lh - множество связей «подчиненный – начальник»,

Ls - множество связей «начальник – подчиненный»,

Lc - множество связей сотрудничества.

Каждая связь представлена кортежем

$$\langle N, St \rangle, \quad (4)$$

где N - узел, с которым связан данный узел,

St - состояние связи (доступна для перехода - true, закрыта – false).

Информационная модель. Информационная модель служит для представления информации, которую обучаемый может получить на каждом

рабочем месте, алгоритмов управления процессом обучения, эталонов формируемых требований.

$$M_{inf} = \langle R, Pm, Doc \rangle, \quad (5)$$

где $R = \{R_i\} i = 1, n$ - множество вариантов получения информации о требованиях, связанных с каждым узлом модели организации,

Pm - система подсказок,

Doc - определение документации, которую должен сформировать обучаемый.

Предлагается представить R_i в виде кортежа

$$R_i = \langle N_i, fw, V_{inf} \rangle, \quad (6)$$

где N_i - текущий узел,

fw - функция демонстрации возможных действий обучаемого в текущем узле,

$V_{inf} = \{V_j\}, j = 1, n$ - множество вариантов получения информации обучаемым и управление его дальнейшим поведением.

Предлагается каждый элемент V_j представить в виде

$$V_j = \langle Ver, Val, fa, fn \rangle, \quad (7)$$

где Ver - одна из множества версий получения требований ($Ver \in MVer$),

Val - эталонный выбор,

fa - функция анализа выбора обучаемого и формирования элемента требований в редакции обучаемого,

fn - функция навигации, управляющая связями между узлами в зависимости от результатов деятельности обучаемого.

В M_{inf} используются следующие версии получения требований

$$MVer = \{Vi, Vuc, Vd, Va\}, \quad (8)$$

где Vi - взятие интервью;

Vuc – фиксирование основных вариантов использования;

Vd – определение документов, участвующих в документообороте;

Va - прототипирование.

Документация представлена двумя составляющими

$$Doc = \langle Cont, Seq \rangle$$

$Cont$ представляет собой содержание спецификации требований. Примерная структура спецификации требования выглядит следующим образом:

1. Цель создания системы
2. Затраты на разработку и сроки создания продукта
3. Позиционирование
 - 3.1. Характеристика бизнес-процесса в настоящее время
 - 3.2. Определение проблемы и подпроблем
4. Описание пользователей
 - 4.1. Состав пользователей
 - 4.2. Профили пользователей
 - 4.3. Ключевые потребности пользователей
5. Функциональные требования
 - 5.1. Возможности продукта
 - 5.2. Ключевые прецеденты
6. Нефункциональные требования к программному продукту

- 6.1. Системные требования
- 6.2. Эксплуатационные требования
- 6.3. Требования надёжности
7. Требования к документации
- 7.1. Руководства пользователя
- 7.2. Интерактивная справка
- 7.3. Руководства по установке и конфигурированию
8. Глоссарий

Seq содержит допустимую последовательность заполнения разделов спецификации требований.

Модель обучаемого

Модель обучаемого служит для

- идентификации обучаемого,
- формирования требований о системе по версии обучаемого,
- восстановления позиции обучаемого после перерыва в работе с моделью,
- оценки работы обучаемого с моделью, накопления статистических данных о процессе обучения.

Представим модель обучаемого в виде кортежа

$$M_p = \langle N_s, H_i, R_s \rangle, \quad (9)$$

где N_s - фамилия (идентификатор) обучаемого,

H_i - история работы обучаемого с моделью,

R_s - результаты работы обучаемого с моделью (спецификация требований).

История работы обучаемого представляется в виде

$$H_i = \langle N_i, Val, Seq_i \rangle, \quad (10)$$

где N_i - множество узлов, к которым получил доступ обучаемый,

Val - оценки его деятельности,

Seq_i - разделы эталона документации, доступные для обучаемого.

В начале работы обучаемого с системой *Cont* копируется в спецификацию требований обучаемого R_s . В процессе работы выявленные обучаемым требования заносятся в соответствующие разделы R_s .

Пример вариантов получения информации для требований. Пусть модель организации соответствует университету, для которого предполагается создание автоматизированной системы «Абитуриент». Предполагается, что ранее процессы приёма документов у абитуриентов, организации экзаменов, определения проходных баллов и распределения новых студентов по факультетам, специальностям и группам не были автоматизированы, однако, электронные документы использовались. Требуется разработать ИС «Абитуриент» для автоматизации указанных процессов.

Пусть в вершине иерархии узлов модели организации (3) находится проректор по учебно-методической работе (ПУМ). С этим узлом связана контекстно-зависимая подсказка P_m , где указано название проекта, ответственное лицо за разработку проекта со стороны заказчика – ПУМ, и содержатся общие рекомендации о начале процесса выявления требований в соответствии с эталоном документации.

Функция демонстрации возможных действий обучаемого f_w представит следующие возможности обучаемому:

1. Проведение интервью.

2. Выбор одного или нескольких вариантов использования (прецедентов) из предлагаемого списка.

Рассмотрим принцип работы обучаемого с интервью [5]. Обучаемый должен выбрать вопросы из предлагаемого списка. Вопросы подразделяются на правильные и неправильные. В зависимости от данных в истории работы обучаемого с моделью H_i , ему оказываются доступны определенные разделы спецификации требований. В соответствии с этим, правильные вопросы подразделяются на своевременные и несвоевременные. В зависимости от назначения вопросы могут служить для выявления требований, либо для обеспечения навигации обучаемого по модели организации. Если обучаемый выбирает вопрос из категории выявления требований, то следует также указать раздел эталона требований, куда следует поместить ответ.

Обучаемый может увидеть ответ на вопрос только после выбора этого вопроса и указания раздела документа (в зависимости от категории вопроса). В табл.1 приведен фрагмент интервью, связанного с узлом ПУМ. Оценки выбора вопросов выставлены исходя из того, что в нашем случае обучаемый начинает работать в системе.

Таблица 1 - Фрагмент интервью для узла ПУМ

Вопрос	Раздел документации (определяется обучаемым)	Оценка вопроса (определяется системой)	Ответ
Для чего Вы заключаете контракт на разработку системы «Абитуриент»?	1 (правильно)	правильно	У нас существуют проблемы с получением полной, достоверной и своевременной информации об абитуриентах
Какие функции на Вашем рабочем месте должна выполнять система «Абитуриент»?	1(неправильно) 5.1(правильно)	Несвоевременный	Получение данных о поданных заявлениях, о прохождении экзаменов, о планах набора, о категориях абитуриентов
Какие средства Ваша организация может выделить на разработку новых ПП?	Отсутствует	неправильный	Ответ отсутствует
Какие средства вуз планирует выделить на разработку системы «Абитуриент»?	2(правильно)	правильный	Планируемые расходы составляют ...
Какова организационная структура Вашего университета?	Отсутствует	неправильный	Ответ отсутствует
Какие подразделения участвуют в работе с абитуриентами?	4.1(правильно)	правильно	Это приёмная комиссия, учебно-методический отдел, ОК студентов, деканаты
Можете ли Вы меня представить начальникам подразделений, заинтересованным в системе «Абитуриент»?	Навигация	правильно	Безусловно, сейчас я свяжусь с ними по телефону

Рассмотрим принцип работы обучаемого с прецедентом [6]. Описание прецедента рассматривается как отдельный документ, на который должна быть сделана ссылка из определенного раздела документации. Раздел документации позволяет оценить своевременность использования прецедента. Обучаемому представлен заголовок описания прецедента, который содержит достаточно информации для принятия решения о своевременности и месте включения прецедента в спецификацию требований. Ниже приведен пример заголовка. Курсив определяет структуру прецедента. Комментарии заключены в скобки.

1. *Название прецедента*: Получение данных о поданных заявлениях
2. *Основное действующее лицо*: проректор по учебно-методической работе
3. *Уровень*: пользователя (уровень пользователя или уровень системы)
4. *Участники и интересы*: проректор желает получить оперативные данные о количестве поданных заявлений на указанную дату, специальность, факультет, форму обучения с целью возможного влияния на процесс подачи заявлений.
5. *Предусловие*: проректор идентифицирован.
6. *Минимальные гарантии*: получение интегрированной информации (что получает система при выполнении любого сценария)
7. *Гарантия успеха*: получение информации в соответствии с комбинацией значений параметров (что получает система при выполнении успешного сценария)
8. *Триггер*: проректор выбрал режим «Приёмная комиссия» - «Поданные заявления» (событие, определяющее возникновение прецедента)

Выводы. Разработана математическая модель, позволяющая для обучаемого организовать процесс выявления требований к программному продукту, который в значительной степени приближается к реальному. Разработаны структуры документов, соответствующие общепринятым требованиям, а также процедуры их использования и формирования, что позволяет формировать содержательные отчёты по результатам обучения, контролировать процесс обучения, фиксировать ошибки и оценивать знания и умения обучаемого. Предлагаемая модель может быть использована для различных предметных областей.

Список литературы: 1. Леффингуэлл Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. / Дин Леффингуэлл, Дон Уидриг. - М., СПб. : Вильямс, 2002. - 450с. 2. Бельчиков Я. Деловые игры. / Я. М. Бельчиков, М. М. Бириштейн. – Рига : АВОТС, 1989 – 304с. 3. Веденина В. Деловая игра и ее возможности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://tolerance.ru/teacher/kabinet/business-game.html> (дата обращения: 26.02.2013). – Название с экрана. 4. Кунгурцев А. Методика проведения обучения основам проектирования программных систем в виде ролевых компьютерных игр. Годишник на технически университет.[в 3т.]/ Кунгурцев А., Блажко А., Марулин С. – Варна : Варна, 2010 - . – Том 1: Сборник доклади от юбилейна научна конференция с международно участие. – 2010. - 123-126с 5. Лукина М. Технология интервью. Учебное пособие для вузов/Лукина М. - М.: Аспект Пресс, 2003 – 480с 6. Коберн А. Современные методы описания функциональных требований к системам./ Алистер Коберн – М.:Лори, 2011 - 263с.

Поступила в редколлегию 01.06.2013

УДК 004.855.5

Модель процесса определения требований к программному продукту/ А. Б. Кунгурцев, С. А. Калинина, Н. А. Новикова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.55-61 . – Бібліогр.: 6 назв.

У статті автор ставить задачу імітації процесу специфікування вимог до програмного продукту. В якості рішення пропонується тренажер визначення вимог; стаття містить короткий опис моделі тренажера. Розроблена модель дає можливість тому, хто працює з тренажером, самостійно вибирати спосіб взаємодії з співробітниками організації-замовника програмного забезпечення і визначати послідовність дій для формування специфікації вимог. Пропонується оцінювати результат студента шляхом аналізу отриманої специфікації вимог і історії роботи студента.

Ключові слова: вимоги до програмного забезпечення; модель визначення вимог; спосіб виявлення вимог.

In the article, the author poses the problem of simulate the process of specifying requirements for software. The requirements definition simulator is proposed as a solution; the article contains a brief description of the simulator model. The developed simulator model enables students to select the method of interaction with employees of the organization-client of software and to determine steps for the formation of the requirements specification. Proposed to estimate the student's result by analyzing the final requirements specification and the student's work history.

Keywords: software requirements, requirements definition model, a method for detecting requirements.

УДК 004.77

Є. С. САКАЛО, канд. техн. наук, доц., ХНУРЕ, Харків

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ РОБОТИ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Розглянуті існуючі алгоритми управління динамічним об'єктом, об'єднання принципів їх роботи, виявлення їх недоліків та розробка власного алгоритму, котрий частково покриє данні недоліки

Ключові слова: нейронна мережа, нейроконтроллер, перцептрон, нейромодулятор

Вступ. Традиційні методи, що використовувалися для управління динамічними об'єктами, такі як математичне моделювання та модель авторегресії, модель кристалічної сітки, показали позитивні якості, як аналіз явища, що відбувається в заданій полосі частот, але вони часто не дають достатню точність, що необхідна для управління об'єктом. Також вони основані на моделях «чорного ящика», коли змінні та параметри не мають жодного фізичного змісту. Нейроуправління динамічними об'єктами є новим перспективним напрямом, що знаходиться на стику таких різних дисциплін, як автоматичне управління, штучний інтелект, нейрофізіологія. Нейронні мережі мають ряд унікальних властивостей, які роблять їх потужним інструментом для створення систем управління: здатністю до навчання на прикладах і узагальнення даних, адаптуватися до змін властивостей об'єкта управління та зовнішнього середовища, придатністю для синтезу нелінійних регуляторів, високої стійкістю до пошкоджень своїх елементів завдяки паралелізму нейромережової архітектури. Нейронні мережі дозволяють реалізувати будь-який необхідний для процесу нелінійний алгоритм управління при неповному, неточному описі об'єкта управління[1-2].

Системи управління повинні бути простими у використанні та для розуміння, та мати такі властивості, як навчання, гнучкість, нелінійність та стійкість. Саме такі умови являються основними для розробки програмної системи, що дозволить управляти динамічними об'єктом у реальному часі. Нейронні мережі показали свої властивості під час експериментів у розпізнаванні образів, так як мають можливість навчатися у відношенні «вхід-вихід», що дозволяє представити більш прості

© Є. С. САКАЛО, 2013

рішення для складних задач управління. Та більш того нейронні мережі за своєю природою є нелінійними системами, які можна використовувати для вирішення задач управління, що мають нелінійні характеристики.

Механізми створення алгоритму. Системи управління об'єктами повинні з наявних фактів і знань зробити висновки не тільки з використанням дедукції, а й за допомогою аналогії, індукції та т.д. Крім того, інтелектуальні системи повинні бути здатні до самооцінки - володіти рефлексією, тобто засобами для оцінки результатів власної роботи. За допомогою підсистем пояснення система може відповісти на питання, чому отриманий той чи інший результат. Нарешті, система управління об'єктом повинна вміти узагальнювати, розуміючи схожість між наявними фактами.

З урахуванням всіх недоліків існуючих методів, постає гостра задача пошуку алгоритму, який мав би досить високу швидкодію, і в той же час давав хороші результати роботи, не використовуючи величезну кількість ресурсів.

Головна проблема при розробці системи для управління полягає у відсутності початкових знань про математичну модель об'єкта управління, будь то диференціальне рівняння або щільності ймовірностей випадкових зовнішніх впливів. Об'єкт – це «чорний ящик», що піддається невідомим випадковим впливам, доступні лише його входи і виходи. Мета системи управління полягає в тому, щоб вже в процесі функціонування визначити закон регулювання, що забезпечує оптимальне поведінка об'єкта.

Задачею роботи являється проаналізувати різні типи, методи штучних нейронних мереж та розробити алгоритм, що дозволяє за рахунок розпаралелювання обчислень суттєво прискорити вирішення типових обчислювальних задач, що виникають при управлінні, а також надати системам деякі корисні для автономної діяльності, що властиві штучному інтелекту, такі як розпізнавання ситуації в просторі, здатність до навчання і прогнозу подій, формувати асоціативної пам'яті та ін. Елементи простору ознак формуються з показань сенсорів. Обробка цих показань також є типовою задачею для структур нейроуправління, здатних паралельно обробляти інформацію і здійснювати управління об'єкту.

У роботі був використаний метод рекурентних штучних нейронних систем для розробки системи управління. Поведінка рекурентних нейромереж віддзеркалює набуті при навчанні стереотипи, що робить їх близькими до цілеспрямованих адаптивних динамічних систем, запрограмованих на досягнення заздалегідь визначених цілей. Але на відміну від останніх програмування поведінки рекурентних нейромереж здійснюється шляхом навчання на прикладах, що не потребує формального визначення цілей [2-4]. Вони здатні ефективно діяти в умовах невизначеності, зокрема, вирішувати задачі адаптивного керування поведінкою складних систем у нестаціонарному оточенні, приймати оперативні рішення в системах ситуаційного управління.

Аналіз розробленого алгоритму системи. Для вирішення завдання управління за допомогою нейроконтролера необхідно надати мережі приклад оптимального управління (яке в ряді випадків невідомо) або знак похідної від якості управління по керуючому сигналу для корекції поточного виходу мережі (навчання з підкріпленням). Так була отримана модель набагато складніше, тому вирішено розглядати другий варіант.

Застосування нейронної мережі для управління деяким об'єктом вимагає її навчання на прикладах успішного керування таким об'єктом. Однак у багатьох

практично важливих випадках такі приклади відсутні, зокрема, при адаптивному управлінні об'єктами, коли навчання має проводитися в режимі реального часу[5]. У таких випадках для навчання нейронної мережі доводиться використовувати поточні дані, одержувані шляхом порівняння траєкторії спостережуваного поведінки об'єкта із заданою цільовою траєкторією.

Найбільш правильне використання нейронної мережі в управлінні - це підстроювання параметрів системи управління в залежності від зміни зовнішніх умов або об'єкта управління. Наприклад, нехай об'єкт управління змінює свої властивості від зовнішніх впливів. Це може бути транспортний робот, який в

залежності від ваги вантажу має різні динамічні характеристики.

При великому навантаженні робот більш інертний. Неможливо розрахувати параметри регулятора для всіх можливих навантажень. При цьому якість регулювання при кожному навантаженні можна забезпечити тільки при певних параметрах регулятора.

На рис. 1 та 2 наведена схема системи управління з нейронної мережею в контурі управління.

Запропонований метод контрольованого управління полягає в тому, щоб послідовно відхиляючи значення управління в різні боки, порівнювати отримані реакції об'єкта, і, залежно від того, яке з відхилень більше відповідає переходу в цільовий стан, генерувати сигнал помилки для навчання нейронної мережі.

В системах нейроуправління зазвичай використовуються рекурентні нейронні мережі, що навчають за методом зворотного поширення помилки в часі.

Однак метод рекурентного навчання в реальному часі.

Схема нейроуправління запропонованим методом представлена на рис. 3.

Якщо відомі оптимальні значення параметрів для

різних зовнішніх впливів, точніше, для різних характеристик об'єкта управління, то нейронна мережа в процесі управління може використовуватися для настройки параметрів регуляторів. При цьому розрахунки оптимальних значень параметрів для різних зовнішніх впливів можуть використовуватися при навчанні нейронної мережі. В даному випадку нейронна мережа налаштовує параметри регуляторів

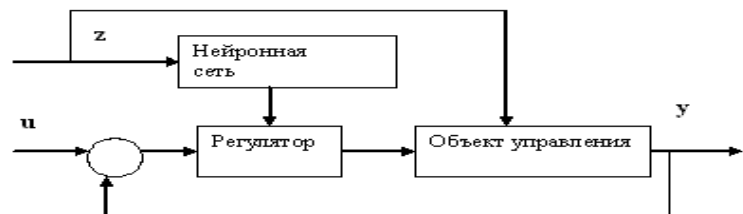


Рис. 1 - Нейронна мережа для налаштування параметрів регулятора прямого контуру управління

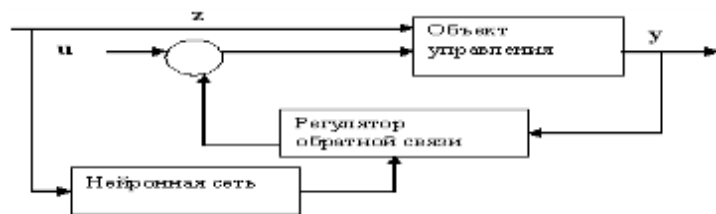


Рис. 2 - Нейронна мережа для налаштування регулятора зворотнього зв'язку



Рис. 3 – Загальна схема нейроуправління за методом контролюємого збурення

для непроаналізованих раніше зовнішніх впливів.

Суть методу полягає в наступному: нехай $\varepsilon(k) = X_0$ – положення керованого об'єкта в k -й момент часу. Розглядається випадок дискретного часу, де кожен часовий крок набагато менше характерного часу зміни динаміки об'єкта. На наступному часовому кроці управління $U_1 = U(k) - h$, де $U(k)$ - поточне управління, h - вектор з однією ненульовою компонентою (по якій береться похідна), величина якої досить мала. Отримане становище позначається як X_1 . На наступному часовому кроці управління буде виглядати як $U_2 = U(k) + h$ і отримане становище як X_2 .

Щоб визначити, яке з цих управлінь більше відповідає досягненню цільового положення, знаходжу оцінку положення X_1' , в якому б опинився об'єкт, якщо в положенні X_0 до нього було докладено управління U_2 замість U_1 :

$$X_1' = X_0 + (X_2 - X_1) + (X_0' - X_1')dt \quad (1)$$

Тут другий доданок представляє фактичне зміщення системи при застосуванні другого управління, а останній член враховує зміну швидкості об'єкта.

Похідна від положення по одній компоненті управління може бути знайдена як:

$$\frac{\partial \varepsilon(k)}{\partial u_i} \approx \frac{X_2' - X_1}{2|h|} = \frac{X_0 + X_2 - 2X_1 + (X_0' - X_1')dt}{2|h|}, \quad (2)$$

де індекс i відповідає номеру ненульовий компоненти вектора h , по якій береться приватна похідна в даний момент.

Для навчання нейронної мережі слід виконати наступні дії:

- 1) На вхід нейронної мережі подати значення поточного стану об'єкта $\varepsilon(k)$ (координати, швидкість). Відповіддю мережі є управління $U(k)$.
- 2) До керованого об'єкту послідовно застосовувати управління $U(k) + h$ і $U(k) - h$ з запам'ятовуванням станів X_0 , X_1 і X_2 . Номер ненульовий компоненти h фіксується в рамках одного циклу навчання. На кожному наступному циклі він може змінюватися, послідовно пробігаючи всі значення.

- 3) Використовуючи формулу (2), обчислити похідну $\frac{\partial \varepsilon(k)}{\partial u_i}$.

- 4) Виконати один крок навчання нейронної мережі, входом якої служить поточне

стан об'єкта $\varepsilon(k)$, а цільовим – вектор:

$$\tilde{U}(k) = U(k) + \alpha \cdot \text{sign}\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial u_i}\right) \cdot \text{sign}[r(k) - \varepsilon(k)] \quad (3)$$

що був отриманий з $U(k)$ зміною i -й компоненти на малу величину α в сторону найбільшого наближення положення об'єкта $\varepsilon(k)$ до цільового положенню $r(k)$.

Величина h вибирається досить малою, щоб нелінійність керованого об'єкта слабо виявлялася на різниці між управліннями $U(k) + h$ і $U(k) - h$, проте ця різниця повинна бути достатньою, щоб ефект управління істотно перевищував рівень флуктуацій, викликаних шумом. Описаний процес являє собою повний цикл навчання нейронної мережі. Повторивши його достатню кількість разів, можна навчити мережу підтримувати задане положення керованого об'єкта.

В системах нейроуправління зазвичай використовуються рекурентні нейронні мережі, що навчають за методом зворотного поширення помилки в часі. Однак метод рекурентного навчання в реальному часі (RTRL, real-time recurrent learning) дає приблизно такі ж результати при меншій обчислювальній складності. Тому для реалізації методу контрольованого обурення був використаний рекурентний перцептрон, до якого застосовувався метод навчання RTRL.

Висновки. В статті були розглянуті механізми нейроуправління динамічними об'єктами, реалізований нелінійний алгоритм управління при неповному, неточному описі об'єкта управління (або навіть при відсутності опису), створена м'яка адаптація, що забезпечує стійкість системі при нестабільності параметрів. Також був створений новий метод на основі нейронних рекурентних мереж за використання малих збурень управління. Метод не вимагає апріорної інформації про об'єкт керування і може використовуватись для адаптивного керування об'єктами різної природи. Експерименти з використанням запропонованого методу для навчання рекурентних нейромереж у системах керування різними об'єктами демонструють переваги такого нейрокерування над стандартним PID-керуванням.

Список літератури: 1. *Омату, С.* Нейроуправление и его приложения, пер. с англ. // М.: ИПРЖР, 2000. – 272 с. 2. *Різник, А. М.* Динамічні рекурентні нейронні мережі // Математичні Машини і Системи, 2009, №2, с.3-26. 3. *Стюарт, Р.* Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ.— М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 548 с. 4. *Архангельский В. И., Богаенко И. Н., Грабовский Г.Г., Рюмишин Н. А.* Нейронные сети в системах автоматизации // К.: Техника, 1999. – 234 с. 5. *Редько В. Г., Прохоров Д. В.* Нейросетевые адаптивные критики // VI Всероссийская научно-техническая конференция “Нейроинформатика-2004”. Сборник научных трудов. Часть 2. М.: МИФИ, 2004. –С. 77 – 84.

Надійшла до редколегії 10.05.2013

УДК 004.77

Аналіз процесів роботи динамічних об'єктів/ Сакало Є. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.61-65. – Бібліогр.: 5 назв.

Рассмотрены существующие алгоритмы управления динамическим объектом, объединение принципов их работы, определение их недостатков и разработка собственного алгоритма, который частично покрывает данные недостатки.

Ключевые слова: нейронная сеть, нейроконтроллер, перцептрон, нейроэмулятор

Research mechanisms of the objective is to study existing algorithms for management of dynamic objects, combine the principles of their work, identify their weaknesses and develop own algorithm, which partially cover the data deficiencies.

Keywords: neural networks, neural controller, perceptron, neural emulator

УДК 005.8

О. В. ШАТОХА, аспірантка, НМетАУ, Днепропетровск

ИНСТРУМЕНТ КРІ И МЕТОДОЛОГИЯ AGILE: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

В управлении проектами в современной бизнес-среде необходимо уделять большое внимание эффективности работы команды. Анализируя используемые в современной практике бизнес-планирования инструменты и методологии автор рассматривает КРІ как эффективный инструмент отслеживания результативности работы команды и Agile как подход к управлению проектами, который является гибким и ориентированным на комфортность условий работы. Библиогр.: 8. назв.

Ключевые слова: Agile, КРІ, ключевые показатели эффективности, команда проекта, персонал проекта, эффективность команды.

Введение. В данной работе рассматриваются проблемы сферы управления проектами и программами, в частности управление командой проекта.

© О. В. ШАТОХА, 2013

Поскольку бизнес-среда склонна к частым изменениям условий деятельности, управление проектами в такой среде также нуждается в постоянном усовершенствовании подходов, инструментов и методологий. Автор рассмотрит наиболее современные инструменты и подходы, такие как KPI и Agile. Последний принято использовать в проектах сферы информационных технологий. Однако возможность его использования в других сферах требует дополнительного изучения. В настоящей работе рассматриваются особенности гибкой методологии управления проектами, а также KPI, как один из важных инструментов в контексте Agile.

Анализ существующих методологий и инструментов. Среди популярных сегодня методов управления проектами следует отметить Agile – гибкую методологию. Наиболее успешно этот подход реализован в управлении проектами, связанными с разработкой программного обеспечения. Это объясняется тем, что ИТ-проекты наименее предсказуемы по сравнению с проектами в других сферах по следующим признакам: высокая вероятность изменений в требованиях к конечному продукту, жесткие сроки, адаптация к нуждам пользователей, строго формализованные процессы. В результате длительной эволюции методов управления ИТ-проектами родился подход Agile и Манифест гибкого управления проектами [1].

Чтобы оценить качество и скорость выполнения обязанностей, используют специальные метрики эффективности персонала проекта. Для этого в Agile чаще всего используют ключевые показатели эффективности (от англ. Key Performance Indicators, KPI) [3]. Информация, которую получают при практическом применении KPI, выступает основой для принятия управленческих решений, направленных на достижение целей проекта. Даже подробные финансовые показатели деятельности не всегда позволяют получить полную картину состояния проекта, тогда как оценка эффективности дает возможность определить, насколько грамотно организовано управление и поможет ли оно достичь поставленные перед командой цели. Разработка показателей эффективности обеспечивает основу для принятия управленческих решений и выявляет проблемы с организацией процессов. Это включает и оценку качества деятельности персонала в проекте, и определение количества времени, необходимого для каждой отдельной задачи.

Постановка задачи и ее решение. Задачей данной работы является обзор и анализ некоторых современных инструментов и методов управления проектами. Целью работы является обоснование выбора методологий, наиболее подходящих для решения задач управления проектом подбора команды.

При рассмотрении методов управления проектами следует обратить внимание на те методы, которые используются в управлении проектами в сфере разработки программного обеспечения. Как отмечалось выше, развитие этих проектов не всегда предсказуемо. Таким образом, эти проекты являются подходящим материалом для исследования методов управления проектами.

Методы управления проектами в сфере разработки ПО прошли длительную эволюцию. Сначала использовался метод code-and-fix. Предполагалось, что разработка программного обеспечения начинается непосредственно с написания кода. Найденные в коде дефекты исправлялись путём внесения множественных изменений. Однако, после некоторого количества таких изменений система становилась слишком сложной.

Со временем началось использование инженерных методологий,

заимствованных из других областей. В их основе лежит предположение о том, что процесс разработки программного обеспечения является детерминированным инженерным процессом, который можно спланировать от начала и до конца и выполнить в соответствии с планом. Использовался водопадный жизненный цикл, предполагающий однократный проход по фазам анализа требований, проектирования, написания кода, тестирования.

Однако инженерные методологии не смогли решить проблем ИТ-проектов. Основными причинами этого послужили недооценка роли человеческого фактора и несоответствие природе разработки программного обеспечения. Большинство проблем управления проектами имеют социальную природу. Участники проекта и отношения между ними являются основным фактором, влияющим на успех. Основными факторами, влияющими на производительность, являются качество рабочего места, психологическая обстановка в команде, эффективные коммуникации.

Принципиальным вопросом является уникальность и новизна программного продукта. Разработка ведётся в условиях неопределённости, и попытка учесть все факторы в начале проекта заранее обречена на провал. Таким образом, создание и утверждение детальных требований в начале проекта часто приводит к противостояниям между заказчиком и исполнителем в случае необходимости внесения изменений на стадии реализации [7].

В 90-х годах стали появляться новые подходы к разработке: Scrum, XP, DSDM, Crystal и др. Однако настоящую революцию в управлении ИТ-проектами произвело появление методологии Agile. Она возникла в 2001 году в результате встречи 17 ярких представителей сферы программирования (М. Фоулер, К. Бек, А. Коуберн и др.). В качестве общего названия для своих течений они выбрали термин agile (в переводе с английского языка означает «гибкий»). Фундаментальные общие ценности, объединяющие их подходы, были сведены в документ, названный Манифестом гибкой разработки. Позже к Манифесту добавился и список принципов, детализирующих особенности гибкой разработки [2]. Манифест гибкой разработки содержит 4 пункта, каждый из которых представляет собой альтернативу. В левой части этих альтернатив содержатся понятия и аспекты, имеющие большую ценность, нежели понятия и аспекты в правой части. Такая форма помогает лучше понять, с каким выбором приходится сталкиваться при реализации проектов и что именно следует выбирать тем, кто хочет руководствоваться гибкими ценностями разработки. Например, первую альтернативу можно толковать так: процессы и инструменты важны при разработке программного обеспечения, однако успех проекта в гораздо большей степени зависит от людей, участвующих в нём, и их способности эффективно общаться и взаимодействовать.

Следующая альтернатива гласит, что целью и мерилom успеха проекта является не документация, а работоспособное программное обеспечение, решающее бизнес-задачи заказчика.

Третья альтернатива подразумевает, что доверие между командой и заказчиком, непрерывное общение и сотрудничество между ними являются более выигрышной стратегией, чем попытка опираться исключительно на формальные договорённости (например, контракт). Это, в свою очередь, не отменяет необходимости создания и проработки контракта.

Последняя альтернатива констатирует, что проекты делаются для того, чтобы приносить пользу бизнесу заказчика. Эта цель может быть достигнута, даже если план выполнен не идеально с точки зрения изначально определённых сроков и бюджета. Поэтому изменения в требованиях приветствуются на любой стадии выполнения проекта [4].

Принципы гибкой разработки, базируясь на ценностях Манифеста, детализируют их. Среди основных принципов следующие.

Главным приоритетом является удовлетворение заказчика и соответствие целям проекта, а не плану. Изменение в требованиях может произойти в любой момент. Процессы, выстроенные в соответствии с Agile, приспособлены для изменений.

Использование итерационного жизненного цикла для разработки программного обеспечения. Длина итерации обычно составляет от 1 до 6 недель. Важнейшим элементом является анализ результатов, получение обратной связи и улучшение процесса. Обычно по окончании каждой итерации команда проекта проводит один или несколько митингов, на которых анализируются результаты итерации и обсуждаются улучшения процесса.

Тесное ежедневное взаимодействие между заказчиком и разработчиками на протяжении всего проекта. Наиболее эффективный метод обмена информацией – устное общение. Проекты должны быть выстроены вокруг замотивированных личностей. Они должны получать поддержку и все необходимые средства для реализации проекта.

Поскольку целью проектов является создание программного обеспечения (а не планов, документации и пр.), то и прогресс проекта можно объективно измерить, лишь оценивая работоспособное приложение (или его часть). Человеческому фактору отводится наибольшее внимание. Запрещаются переработки. Все существенные решения относительно способов достижения целей проекта и решения возникающих проблем принимаются именно командой проекта.

Манифест гибкой разработки содержит высокоуровневые идеи относительно того, как нужно выстраивать процесс разработки программного обеспечения, чтобы успешно завершать проекты и создавать команды, в которых приятно и интересно работать. Основные принципы Манифеста гибкой разработки можно с успехом использовать в других сферах, не связанных с разработкой программного обеспечения. Процесс реализации любого другого проекта можно адаптировать в соответствии с Agile методологиями: более ориентированный на людей подход, гибкость и способность к изменениям на любой стадии проекта, итеративный принцип – ежедневное и еженедельное общение между участниками проекта.

Выше обсуждался итерационный метод в управлении проектами, в частности ежедневное общение между заинтересованными сторонами и командой проекта. Однако чтобы такое общение было результативным, следует разработать ключевые показатели эффективности для участников проекта. Это позволит оценивать ежедневную/еженедельную работу по определенным критериям.

Для начала обратимся к термину: KPI (от англ. Key Performance Indicators, ключевые показатели эффективности) – система оценки, которая помогает определить достижение стратегических и тактических (операционных) целей. Впервые наиболее глубоко данная система оценки была рассмотрена в работах Дэвида Параментера [6].

Использование ключевых показателей эффективности даёт возможность

оценить текущее состояние и помочь в оценке реализации стратегии. Существуют определенные технологии по разработке и внедрению КРІ. Одним из основных принципов удачной разработки и применения ключевых показателей эффективности является соответствие показателей результативности стратегии проекта. Показатели лишены смысла до тех пор, пока они остаются не привязанными к критическим факторам успеха и стратегическим целям проекта, которые идентифицируют аспекты деятельности, определяющие жизнеспособность проекта. Таким образом, критические факторы успеха формулируют до выбора показателей деятельности [8].

Также важно, чтобы хорошо продуманная и грамотно выстроенная стратегия имела взаимосвязь с ежедневными задачами (такая концепция взаимосвязи называется сбалансированной системой показателей). Для этого необходимо создать схему показателей, которая стимулировала бы выполнение конкретных задач [5]. Таким образом, до выявления КРІ необходимо выявить критические факторы успеха и создать сбалансированную систему показателей. Когда осуществлены эти два шага, выявить КРІ намного легче.

Стоит упомянуть, что для эффективного отслеживания КРІ необходимо создать базу показателей. Это можно осуществить с помощью доски с показателями (физической либо виртуальной), куда заносится информация о каждом показателе. Автор предлагает следующую информацию о каждом показателе: описание показателя, объяснение метода его расчета, частота измерения показателя, связь показателя с критическими факторами успеха.

Наряду с этим отображаются результаты каждого сотрудника по каждому показателю. Таким образом, создается общедоступный и удобный для всех источник информации. Это позволит каждому участнику процесса видеть свои результаты и корректировать эффективность работы. Кроме того, это облегчит задачу менеджера проекта по отслеживанию результативности работы команды и каждого сотрудника в отдельности.

Выводы. По результатам проведенного анализа инструмента КРІ и подхода Agile, можно сделать выводы, что обе системы можно применить при подборе команды проекта. Наилучшим способом будет сочетание этих систем: инструмент КРІ можно рассматривать в контексте методологии Agile.

Автор планирует изучение результатов применения данных инструментов в подборе команды проекта в своих следующих работах.

Список литературы: 1. Abrahamsson P., Salo O., Ronkainen J., Warsta J. Agile Software Development Methods: Review and Analysis. - VTT Publications, 2002. – 478 p. 2. Agile Manifesto [Internet resource] - Access: agilemanifesto.org 3. Fitz-Gibbon C. T. Performance Indicators - Bristol: WBC Print Ltd, 1990. – 111 p. 4. Fowler M. The New Methodology [Internet resource] - Access: <http://martinfowler.com/articles/newMethodology.html> 5. Kaplan R. S., Norton D. P. Balanced Scorecard: Measures That Drive Performance - Mumbai: Harvard Business School Publishing India Pvt. Limited, 2010. - 64 p. 6. Parmenter D. Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs - Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. - 256 p. 7. Razumovsky K. An introduction to agile methods of software development [Internet resource] - Access: <http://old.kv.by/index2008334201.htm> 8. Reh F. J. Key Performance Indicators (KPI): How an organization defines and measures progress toward its goals [Internet resource] - Access: management.about.com/cs/generalmanagement/a/keyperfindic.htm

Надійшла до редколегії 03.06.2013

Инструмент KPI и методология AGILE: Современные подходы в управлении проектами / Шатоха О. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 38 (1011). – С.65-70. – Бібліогр.: 8 назв.

В управлінні проектами в сучасному бізнес-середовищі необхідно приділяти велику увагу ефективності роботи команди. Аналізуючи інструменти та методології, що використовують у сучасній практиці бізнес-планування, автор розглядає KPI як ефективний інструмент відстеження результативності роботи команди і Agile як підхід до управління проектами, який є гнучким і орієнтованим на комфортність умов роботи. Бібліогр.: 8. назв.

Ключові слова: Agile, KPI, ключові показники ефективності, команда проекту, персонал проекту, ефективність команди.

The subject of the paper is modern approaches of project management, in particular KPI tool and Agile methodology. The aim of this work is to review some tools and approaches applied in today's project and team management practice.

Keywords: Agile, KPI, project team, project personnel, team efficiency.

УДК 681.7.08

В. В. ЛЕДОВСКОЙ, студент, ХНУРЭ, Харьков;

П. М. ДУМИН, студент, ХНУРЭ, Харьков

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ПО ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ КАРТИНЕ

В работе создан программный комплекс «Рельеф 3D» для автоматизированной обработки интерференционных картин. Комплекс протестирован на модельных объектах и апробирован на примере анализа состояния поверхности рельефа. По сравнению с аналогами, программный комплекс «Рельеф 3D» обладает рядом преимуществ при исследовании образцов.

Ключевые слова: интерферометрия, интерференционная картина, трехмерная модель рельефа, программный комплекс

Введение. Интерференционные методы исследования применяются в самых разнообразных областях науки и техники. Высокая чувствительность и информационность интерференционных измерений, их бесконтактность и безинерционность, возможность использования в качестве меры длины световой волны определили обширные возможности их использования. Главная особенность оптических измерений заключается в том, что они имеют высокую точность и наглядность [1].

Для изучения поверхностей твердых тел существует множество методик, применяемых в зависимости от поставленной задачи. Интерференционная микроскопия является эффективным аналитическим инструментом для бесконтактного изучения поверхностной морфологии. В последние годы методы интерферометрии интенсивно развиваются для контроля микрорельефа, деформации и чистоты металлических поверхностей. Оценить размеры повреждений можно благодаря высокой чувствительности и точности интерференционных приборов.

Постановка проблемы. Для понимания влияния различных форм рельефа на вид интерференционной картины и для аттестации алгоритмов их обработки

необходимо уметь моделировать интерференционную картину по заданному рельефу и особенностям прибора. Модель должна учитывать, по возможности, все факторы, влияющие на формирование реальной интерференционной картины. Моделирование заключается в получении интерференционной картины по имеющемуся рельефу поверхности.

Задача состоит в разработке математического алгоритма, основной особенностью которого является адаптация к различным видам интерференционных картин и подстройка алгоритма под каждую без вмешательства экспериментатора.

При интерполяции поверхностей важно, насколько точки исходных данных должны влиять на поверхность в области их расположения (т.е. локально) и как это влияние должно распространяться на удаленные участки поверхности (глобально). Области, не содержащие исходных данных, должны получить значения в результате экстраполяции, результат которой отражал бы общие закономерности изменения поверхности (тренды).

Постановка задачи. Целью работы является разработка математического и программного обеспечения для автоматизированного восстановления рельефа поверхности с помощью компьютерной обработки фотографий интерференционной картины. В отличие от известных аналогов [2] разработано web математическое приложение, доступ к которому будет возможен в любой момент времени из любой точки мира.

Анализ исследований и публикаций других ученых. Рассмотрим публикации ученых, которые обработали интерференционную картину с помощью других методов:

1. Железин А.А. использовал методы обработки спектрометрических данных в системе анализа спектра излучения перестраиваемого лазера с использованием акустооптического фильтра. В работе [3] предложен возможный вариант структуры системы, определяющей с высокой точностью спектр излучения быстродействующего перестраиваемого лазера.

2. Метод муаровых полос для обработки интерферограмм в полосах конечной ширины. Анализ и обработка таких интерференционных полос усложняется и сопровождается существенными ошибками. Муаровый метод заключается в вычитании фотографий картины несущих интерференционных полос без объекта и картины полос с объектом и в наблюдении образующейся картины муаровых полос. Форма и период этих полос качественно и количественно отражают оптические параметры фазового объекта. Для эффективной реализации муарового метода необходимо иметь несущие полосы как можно меньшего периода Λ . Однако при этом система полос должна разрешаться используемой фотографической системой.

Моделирование интерференционной картины (прямая задача). В случае идеально гладкой и плоской поверхности образца интерференционная картина представляет собой последовательность параллельных чередующихся темных и светлых полос, расстояние, ширина и направление которых определяются параметрами прибора, могут изменяться.

При наличии на поверхности образца каких-либо отклонений от плоскости ход полос искажается. На рис.1 показана интерференционная картина, соответствующая образцу, поверхность которого представляет собой плавную

ступеньку. Параметрами интерференционной картины являются: b -расстояние между центрами T соседних полос, совпадающих с экстремальным значением интенсивности (min-для темных и max-для светлых полос); a - смещение полосы - расстояние между экстремумами T и T_i .

Плавная ступенька на интерференционной картине приводит к изгибу интерференционных полос. Чем круче перепад высот на поверхности, тем чаще смещаются в сторону полосы.

Моделирование заключается в получении интерференционной картины по имеющемуся рельефу поверхности. При моделировании идеальной интерференционной картины форма поверхности задается функцией $S(x, y)$, и

интенсивностью $I(x, y)$ рассчитывается согласно следующему из выражения:

$$I(x, y) = 4I'_{const} \cos^2 \left(\frac{\pi(\Delta_{const} + S(x, y))}{\lambda} \right), \quad (1)$$

где $4I'_{const}$ -максимальное значение интенсивности моделируемой интерференционной картины.

На рис.2 показано сечение распределения интенсивности на реальной интерференционной картине (закрашенная область) и идеальные данные с тем же периодом (сплошная линия).

На рис.3 показан срез освещенности поля зрения прибора, и его математическая модель в виде распределения Коши.

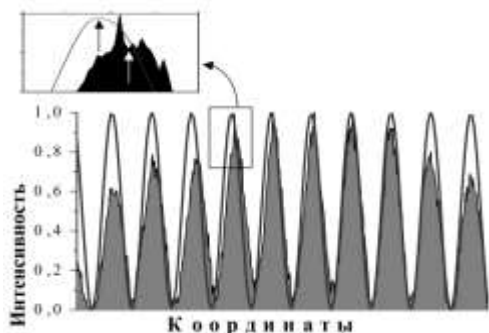


Рис. 2 - Сечение распределения интенсивности по полю интерференционной картины. Вставка: смещение экстремумов в увеличенном масштабе

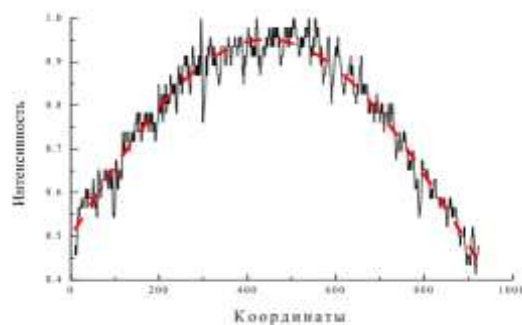


Рис. 3 - Распределение интенсивности освещенности прибора (сплошная кривая) и аппроксимация распределением Коши (пунктир)

Двумерное распределение Коши имеет следующий вид :

$$\Phi(x, y) = f(x) \cdot f(y) = \frac{\theta^2}{\pi^2} \left(\frac{1}{\theta^2 + [x - \eta]^2} \right), \theta > 0,$$

где η -медиана распределения, θ -параметр масштаба.

Кроме того, на интерференционную картину накладываются случайные факторы, связанные с белым шумом ПЗС - матрицы, источника и др. Это также

аддитивная помеха, которую можно моделировать двумерным случайным гауссовым полем.

Таким образом, математическая модель интерференционной картины, учитывающая все перечисленные факторы, имеет вид:

$$I(x, y) = 4I'_{const} \cos^2 \left(\frac{\pi(\Delta_{const} + S(x, y))}{\lambda} \right) + \Phi(x, y) + n(x, y) \quad (2)$$

Где первое слагаемое – вклад от идеальной картины, $\Phi(x, y)$ – функция неоднородности освещения, $n(x, y)$ – белый шум.

Построенная математическая модель и разработанный по ней алгоритм позволяют проводить моделирование интерференционной картины по заданным параметрам микротерферометра, длине волны и функции, задающей поверхность, а также таким характеристикам, как амплитуда шума регистрирующей ПЗС - матрицы и неоднородность поля.

Восстановление профиля поверхности (обратная задача). Обратная задача состоит в восстановлении микрорельефа поверхности по ее интерференционной картине. При этом на точность обработки интерференционной картины и восстановление поверхности в большой степени влияет качество самого изображения.

Основной проблемой при решении подобных задач, является наличие существенного уровня искажения интенсивности различных участков интерференционной картины. Созданные алгоритмы обладают высокой устойчивостью к подобным искажениям благодаря использованию специальных математических методов.

Подготовительный этап состоит из предварительной обработки фотографии (кадрирование, яркость и контраст). Уточнение экстремума интерференционной полосы методом квадратичной аппроксимации. Для уточнения экстремума полосы Т использован метод аппроксимации параболой по N точкам – используются значения интенсивности нескольких точек вблизи предполагаемого экстремума полосы.

Уточнение экстремума интерференционной полосы методом квадратичной аппроксимации. Для уточнения экстремума полосы Т использован метод аппроксимации параболой по N точкам [5] – используются значения интенсивности нескольких точек вблизи предполагаемого экстремума полосы (точки Т на рис. 5).

Прогнозирование смещения

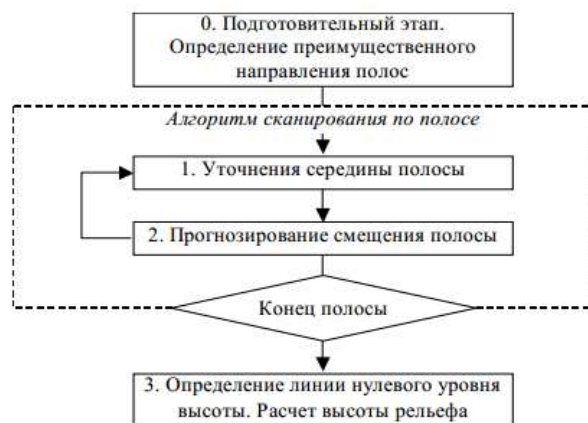


Рис. 4 – Блок - схема алгоритма

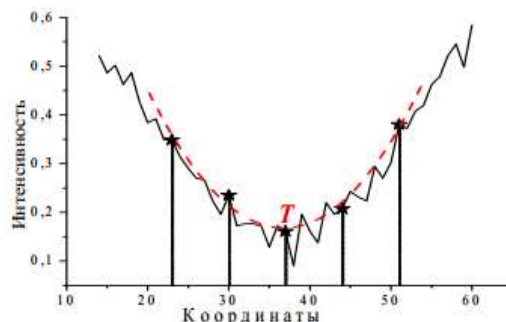


Рис. 5 - Распределения интенсивности по профилю полосы (сплошная кривая) и аппроксимация параболой (пунктир) для уточнения экстремума Т полосы по пяти точкам

экстремума полосы в следующей точке. После нахождения экстремума полосы строится прогноз положения следующей точки. Прогнозирование позволяет: 1) отслеживать достаточно резкие изменения направления хода полос и тем самым обрабатывать полосы практически любой конфигурации; 2) делает метод устойчивым к выбросам отдельных точек, связанным с шумами или локальными дефектами на поверхности образца.

Процедура прогнозирования проиллюстрирована на рис.6 и состоит в следующем:

1. Последние M найденных точек $T_i(x_i, y_i)$, $(i=0..M-1)$, переводятся в полярные координаты $T_i(\rho_i, \varphi_i)$, $(i=0..M-1)$, с центром в точке T_0 преобразованием:

$$\rho_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}$$

$$\begin{cases} \rho_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} - \rho_0 \\ \varphi_i = \arctg \frac{x_i}{y_i} \end{cases}$$

2. Далее прогноз координат следующей точки $T^*(\rho^*, \varphi^*)$ строится из соотношений:

$$\rho^* = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^{M-1} \rho_i; \quad \varphi^* = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^{M-1} \varphi_i$$

и выполняется обратное преобразование T^* в декартовы координаты $T^*(x^*, y^*)$:

$$\begin{cases} x^* = \rho^* \cos \varphi^* \\ y^* = \rho^* \sin \varphi^* \end{cases}$$

Координаты (x^*, y^*) являются прогнозом положения следующей центральной точки полосы, которая затем уточняется (см. шаг 1). Описанная процедура прогноза математически эквивалентна линейной экстраполяции последовательности точек T_i , $(i=0..M-1)$. По описанному алгоритму обрабатываются все полосы на интерференционной картине.

3. Когда полосы найдены, надо определить нулевой уровень высоты, соответствующий плоскости, от которой будет отсчитываться изменение высоты поверхности (Рис.7). Для каждой полосы за нулевой уровень принимается линия, являющаяся касательной к интерференционной полосе, полученная в результате аппроксимации первых n точек уже уточненного экстремума полосы. Эта линия нулевого уровня TP находится в виде уравнения $kx+dy+q=0$, где k , d и q – коэффициенты уравнения прямой.

Высота точки рельефа восстанавливаемой поверхности на линии PT принята за нулевой уровень. Высоты встреченных неровностей отсчитываются относительно этого нулевого уровня.

Расчет рельефа (смещение точки относительно нулевого уровня поверхности) производится по формуле:

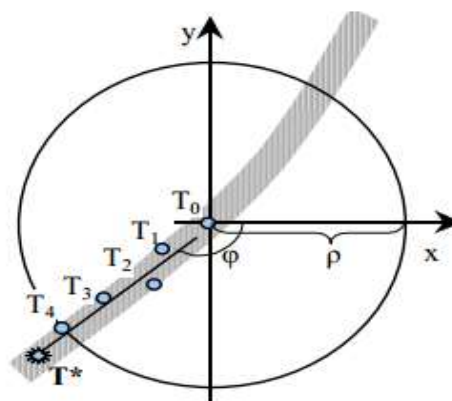


Рис. 6 - Иллюстрация прогноза по $M=5$ точкам

$$h_i = \frac{\lambda}{2} \frac{a_i}{b},$$

где h_i – значение относительной высоты поверхности для каждой точки i полосы интерференции, a_i – расстояние между двумя точками $P(x_p, y_p)$ и $T_i(x_T, y_T)$ (Рис.3.5), b – усредненное значение ширины полосы интерференции. По такому принципу находится изменение высоты рельефа поверхности вдоль каждой из интерференционных полос.

Просмотр моделей рельефа поверхностей в режиме реального времени - он-лайн просмотр моделей рельефа поверхностей осуществляется с помощью библиотеки three.js.

Three.js JavaScript 3D library это функциональная библиотека с невысоким уровнем сложности, предоставляет <canvas>, <svg>, CSS3D WebGL и средства визуализации.

В приложении была реализована функция `function GetSurfacePoints()`, которая асинхронно обращается к веб серверу и получает массив координат x, y, z точек в формате JSON, из которых, с помощью библиотеки three.js, строится поверхность и добавляется на так называемую сцену.

Выбор алгоритмов для построения поверхности. Построение поверхности применяется алгоритмы интерполяции по обратному средневзвешенному расстоянию

Интерполяция/аппроксимация по обратному средневзвешенному расстоянию – это способ многомерной интерполяции на нерегулярной сетке.

В функции `idwbuildmodifiedshepardr` реализован модифицированный метод Шепарда: интерполяция на неравномерной сетке.

Модифицированный интерполянт имеет вид:

$$f(x) = \frac{\sum_{i \in K} W_i(x) Q_i(x)}{\sum_{i \in K} W_i(x)}, |K_x| = N_w < N \quad (1)$$

$$W_i(x) = \left(\frac{R_x - \|x - x_i\|}{R_x \|x - x_i\|} \right)^2, \quad R_x = \max_{i \in K} \|x - x_i\| \quad (2)$$

$$Q_i(x) = x^T A x + b^T x + c, \quad A \in R^{D \times D}, \quad b \in R^D, \quad c \in R^D \quad (3)$$

Модифицированный метод Шепарда отличается от оригинального алгоритма тем, что: для интерполяции используется подмножество точек K мощностью N_w – множество N_w ближайших соседей точки x .

IDW интерполянт использует модифицированный метод Шепарда для неоднородных данных. Он может быть использован, когда точка распространения неоднородна в небольших масштабах, но это на расстояниях такого размера, как R .

Полиномиальная интерполяция. Полиномиальная интерполяция является наиболее известным из методов одномерной интерполяции. Её достоинствами являются простота реализации и хорошее качество получаемых интерполянтов.

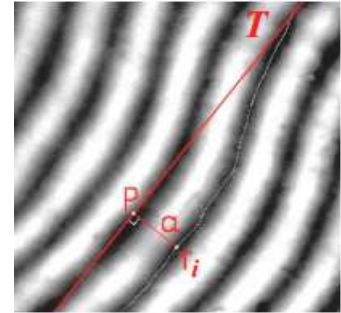


Рис. 7 - Линия нулевого уровня ТР и перпендикуляр а, проведенный к ней из текущей точки расчета высоты T_i , принадлежащей полосе

Известно, что любая рациональная функция может быть представлена в барицентрической форме:

$$r(x) = \frac{\sum_{j=0}^N \frac{w_j}{x - x_j} y_j}{\sum_{j=0}^N \frac{w_j}{x - x_j}}$$

Для тестирования программного комплекса проведен численный эксперимент.

Построена модель идеальной поверхности с изначально заданной высотой ступеньки h и соответствующая ей «идеальная» интерференционная картина (рис.8а). Данная интерференционная картина была загружена в программный комплекс в качестве входящих данных. В результате работы программного комплекса была построена поверхность (рис.8б) соответствующая «идеальной», с погрешностью высоты Δh .

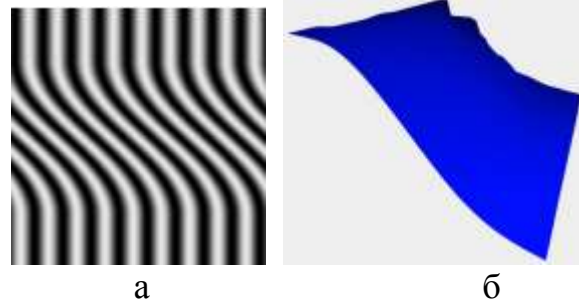


Рис. 8 - «Идеальная» интерференционная картина (а) и поверхность соответствующая «идеальной» (б)

На рис.9 дана зависимость погрешности Δh определения высоты ступеньки от амплитуды шумовой составляющей в процентах от максимальной амплитуды сигнала. Точками показаны усредненные значения погрешности определения высоты ступеньки в интервале амплитуд шума 0÷20%. Из рисунка следует, что в приведенном интервале амплитуды шума зависимость усреднённой погрешности от амплитуды шума хорошо описывается выражением:

$$\Delta h = \Delta h_0 + Ae^{n/t}$$

$$\Delta h_0 = -1,3 \cdot 10^{-4}, A = 0.002, t = 10.8 \quad (9)$$

Исследования показали, что амплитуда шума $\leq 15\%$ позволяет программе правильно обрабатывать интерференционную картину без дополнительных улучшений качества изображения.

Следует отметить, что в большинстве проводимых измерений точность, с которой восстанавливается поверхность ($\Delta h \leq 0.5\%$) в пределах 20% зашумленности изображения, является достаточной. В случае более высокого уровня шума требуется дополнительная предварительная обработка изображения. Среднеквадратичная ошибка определения высоты профиля (повторяемость результатов) составляет $\sim \lambda/200$.

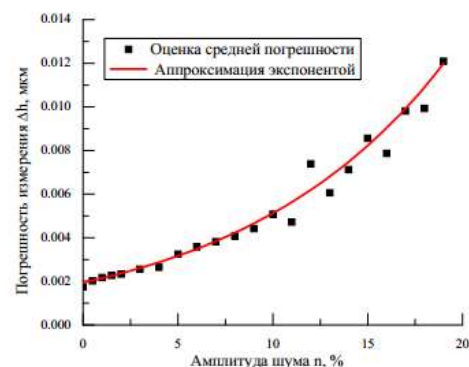


Рис. 9 - График усредненных значений погрешности определения высоты ступеньки (точки) в зависимости от амплитуды шума на интерференционной картине (сплошная линия – аппроксимация экспонентой, согласно выражению (9))

Выводы. В результате разработки проекта с использованием языка программирования C # и среды разработки Microsoft Visual Studio 2010 было

создано программное обеспечение для автоматизированного восстановления рельефа поверхности с помощью компьютерной обработки фотографий интерференционной картины.

Было создано программное обеспечение web-портал, который выполняет следующие функции: он-лайн просмотр моделей рельефа поверхностей; выбор алгоритмов обработки входных данных; отражение информации о модели; хранение проанализированных ранее моделей; экспорт модели для использования в режиме оф-лайн.

Создание сервиса построения модели рельефа в рамках интернет - портала дает множество преимуществ как для рядовых пользователей изучающих технологии моделирования, так и для частных компаний проводящих георазведку участков рельефа в коммерческих целях: отпадает необходимость в специально настроенном и установленном ПО; повышается достоверность сведений о модели рельефа и, соответственно, количество обращений к ним; снижаются временные и стоимостные затраты на получение моделей и информации и, в целом, повышается качество предоставления услуг.

Развитие сервиса построения рельефа в этих направлениях позволит повысить инвестиционную привлекательность различных отраслей промышленности и усовершенствовать информационное взаимодействие между органом кадастрового учета, частными коммерческими организациями и частными лицами, заинтересованными в получении качественных моделей рельефа.

Список литературы: 1. Belyaeva A. L., Bardamid A. F., Davis J. W., Haasz A.A., et al., Hydrogen ion bombardment damage in stainless steel mirrors // JNM 345 (2005) 101-108 2. Гаверилин Д. А. Исследование методов описания формы сложных оптических поверхностей при интерферометрическом контроле, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – СПб: СПбГУ ИТМО, 2003. 3. Железин А. А., Кольцов И. М., Рыбин В. М., Соболев С. С. Система измерения и анализа спектра излучения перестраиваемого лазера // Тезисы докладов IX Межд. науч.-техн. конференции "Датчик-97", С.278-279. 4. Стельмах М. Ф., Дмитриев В. Г. и др. Перестраиваемые лазеры и лазерные спектральные приборы с использованием акустооптических фильтров // Журнал прикладной спектроскопии. Т. XL. Вып. 2, февраль 1984 г. С.181-189. 5. Ландсберг Г. С., Оптика – М.: Физматлит, 2003. – 848 с.

Поступила в редколлегию 01.06.2013

УДК 681.7.08

Программное обеспечение для построения цифровой модели рельефа поверхности по интерференционной картине/ В. В. Ледовской П. М. Думин // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 38 (1011). – С.70 - 77 . – Бібліогр.: 5 назв.

У роботі створено програмний комплекс «Рельєф 3D» для автоматизованої обробки інтерференційних картин. Комплекс протестований на модельних об'єктах і апробований на прикладі аналізу стану поверхні рельєфу. У порівнянні з аналогами, програмний комплекс «Рельєф 3D» має переваги при дослідженні зразків.

Ключові слова: інтерферометрія, інтерференційна картина, тривимірна модель рельєфу, програмний комплекс

In a program was created complex "Relief 3D» for automated processing of interference patterns. The complex is tested on model objects and tested on the example of the analysis of the surface topography. Compared to peers, program complex "Relief 3D» has several advantages in the study samples.

Keywords: interferometry, the interference pattern, three-dimensional terrain model software system.

ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВТОТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Проведен теоретический анализ проблем совершенствования автотехнических экспертиз и выявлены их основные задачи.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, экспертиза.

Введение. Расследованием ДТП занимаются правоохранительные и судебные инстанции, базирующиеся на результатах профильных экспертиз.

Технические аспекты ДТП относятся к автотехнической экспертизе изучающей и анализирующей обстоятельства ДТП, выявляя механизм происшествия и его стадии, а также установление признаков и обстоятельств ДТП.

Анализ публикаций. Вопросы исследований ДТП отражены в работах Иларионова, Байэтта, Уоттса, Суворова [1, 2, 3]. Однако в существующих публикациях практически отсутствуют исследования, учитывающие современный уровень оснащения автотранспортных средств (АТС) системами автоматизации управления движением.

Также зачастую приведенные методики позволяют исследовать процесс ДТП в случае только экстренного торможения с полным использованием сил сцепления с дорогой, что недостаточно полно отражает реальную картину процессов торможения.

Кроме этого существующее оборудование и методики использования следовой информации допускают высокую степень погрешности результатов.

В связи с изложенным возникает необходимость усовершенствования расследований ДТП и разработка современной методологии экспертно-аналитического анализа ДТП.

Цель работы. Целью данной работы является обобщение исследований и постановка задач совершенствования методов выполнения экспертиз по перечисленным направлениям.

Задачи совершенствования автотехнических экспертиз ДТП. Автотехнические экспертизы выполняются на основе физических законов с учётом существующих методик исследования ДТП.

В процессе исследования ДТП возникают проблемы, связанные с взаимным влиянием окружающей среды и её воздействий на объект исследования.

Поэтому необходимо определить следующие направления совершенствования методов выполнения экспертиз:

- уточнение классификации видов ДТП и следовой информации;
- анализ особенностей механизма ДТП с учетом дорожных условий и транспортного средства;
- физическое моделирование вариантов ДТП по следовым данным с учётом особенностей современных конструкций АТС;
- выбор математического описания и алгоритмы развития ДТП;
- теоретические исследования процессов развития ДТП;

- предложения к созданию программного обеспечения по экспертному изучению состоявшихся ДТП;
- технические и нормативные предложения по предупреждению причин ДТП и снижению тяжести их последствий.

При анализе исследуемого ДТП эксперт прежде всего определяет модель фактической

ситуации. После этого моделируется безопасная ситуация и определяются несоответствия моделей, позволяющие установить причины ДТП. В процессе моделирования эксперту необходимо получить ответы по задачам, сформулированным на схеме рис.1.



Рис. 1 – Задачи, решаемые при анализе ДТП

В процессе прогнозирования и определения параметров ситуации ДТП основным источником является следовая информация структурно представленная на рис. 2.

В методике анализа деформированных элементов конструкции поврежденного автомобиля основной проблемой является определение энергообмена при ударе или столкновении или наезде. Проблемным в данном случае является недостаточность информации о конструкции и особенностях её технологичности.

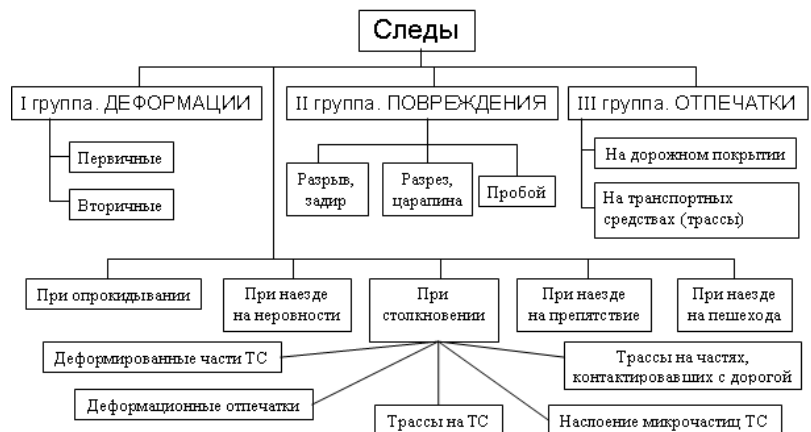


Рис. 2 - Структурная схема следовой информации на месте ДТП

Кроме этого к проблемам анализа ДТП следует отнести: необходимость учёта большого числа причинно-следственных связей; отсутствие данных о влиянии современных электронных систем управления движением автомобиля; отсутствие аналитических зависимостей между факторами влияния (причинами) и соответствующим следствием в случае разнородности факторов количественных и качественных.

Количественные величины зачастую представляют в лингвистической форме

согласно теории нечётких множеств, предложенной Л. Заде.

Кроме этого при обработке результатов экспертного исследования используются: вероятностно-статистический подход; регрессионный анализ; логическое программирование, основанное на аппарате логики предикатов; метод фазового интервала.

Соотношение проблем и методов обработки результатов исследования ДТП представлено в таблице.

Основные проблемы решения задач автотехнической экспертизы обусловлены следующими причинами:

1. Для принятия объективного решения о причинах ДТП необходимо учитывать очень большое число факторов влияния. Кроме того, в большинстве ДТП одновременно действуют несколько видов причинно-следственных связей.

2. Отсутствуют аналитические зависимости между факторами влияния (причинами) и соответствующим следствием или существуют сложности при применении известных, поскольку эти факторы разнородные по характеру: они могут быть количественными (скорость движения автомобиля, масса груза, давление в шинах), качественными (тип шин, вид и состояние дорожного покрытия). Информация о количественных величинах зачастую бывает представлена в лингвистической форме.

3. Основные трудности решения задачи оценки траектории движения автомобиля при торможении заключаются в том, что на данное время в теории автомобиля детально рассмотрено лишь случай экстренного торможения с полным использованием сил сцепления, тогда как довольно большое количество ДТП происходит при служебном торможении.

Таблица – Соотношение проблем и методов исследования ДТП

Проблемы:	Методы			
	А	Б	В	Г
сбора и обработки статистической информации	+	+	–	–
пополнение базы знаний	+	+	–	–
обеспечение стойкости модели к факторам влияния	+	+	–	–
учет качественных параметров	+	+	+	+
работы с нечеткими знаниями	+	+	+	+

Примечание: А – вероятностно-статистический подход; Б – регрессионный анализ; В – метод фазового интервала; Г – логическое программирование; + (–) – наличие (отсутствие) трудностей.

В этих условиях становится очевидной актуальность проблемы построения методики и автоматизированной экспертной системы для оценки эксплуатационных тормозных свойств автомобиля в дорожных условиях.

Выводы. Для улучшения условий работы эксперта-автотехника и повышения достоверности и объективности результатов исследования ДТП необходимо:

- совершенствование существующих методов исследования;
- разработка и программное обеспечение типовых моделей стадий развития ДТП;
- изучение и учёт влияния на ДТП современных средств активной безопасности.

Список литературы: 1. Иларионов В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для ВУЗов / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 255с. 2. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза / Ю.Б. Суворов. – М.: Экзамен, 2003. – 208с. 3. Байэтт Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий: Пер. с англ. // Р. Байэтт, Р. Уоттс. – М.: Транспорт, 1983.–288с.

Поступила в редколлегию 01.06.2013

УДК 629.3: 340.6

Задачи совершенствования автотехнических экспертиз дорожно-транспортных происшествий / Н.В. Скляр // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.78-81. – Бібліогр.: 3 назв.

Проведен теоретичний аналіз проблем вдосконалення автотехнічних експертиз та виявлено їх основні задачі.

Ключові слова: дорожньо-транспортна подія, експертиза.

Theoretical analysis of problems of perfection of motor-vehicle examinations and their basic tasks are exposed.

Keywords: Road traffic accident, examination.

УДК 004.8:658.5

Н. А. ЗУБРЕЦКАЯ, канд. техн. наук, доц., КНУТД, Киев

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Разработана адаптивная нейросетевая модель, предназначенная для прогнозирования уровня качества промышленной продукции в зависимости от запаздывающего влияния совокупности технико-экономических показателей производства.

Ключевые слова: нейросетевая модель, прогнозирование, технико-экономические показатели, уровень качества.

Введение. Опыт производства промышленной продукции различного целевого назначения показывает, что уровень качества выпускаемой продукции определяется технико-экономическими факторами производства, связанными между собой статистической функциональной зависимостью [1]. Спецификой такой связи может быть некоторое запаздывающее или неравномерное (скачкообразное) воздействие факторов на уровень качества, проявляющееся при смещении их временных рядов. В этом случае традиционные методы корреляционно-регрессионного анализа не позволяют аппроксимировать многомерную зависимость временных рядов и не могут быть использованы для прогнозирования показателей качества продукции.

Эффективным инструментом поддержки принятия решений при управлении качеством изготовления промышленной продукции на основе многомерной информации об изменяющихся во времени технико-экономических факторах производства является нейросетевое прогнозирование [2]. Однако для внедрения в практику управления качеством продукции адаптивных нейросетевых моделей, эффективно используемых в различных предметных областях, необходимо методическое, алгоритмическое и нормативное обеспечение.

Для разработки многофакторной нейросетевой модели прогнозирования уровня качества продукции Y^i , % проведены исследования технико-экономических показателей производства $X_1^i - X_6^i$, % (табл. 1) и данных службы контроля качества ПАО «АВЕРС» о сортности выпускаемой продукции за 21 месяц 2012 года.

© Н. А. ЗУБРЕЦКАЯ, 2013

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели для разработки нейросетевой прогнозной модели

Показатель	Содержание показателя
Показатель уровня качества, Y^i %	отношение части продукции высшей категории качества к общему объему выпуска
Уровень автоматизации и механизации производства, X_1^i %	отношение объема продукции, выпущенной автоматизированными и механизированными способами, к общему объему выпуска
Удельный вес прогрессивных видов машин и оборудования, X_2^i %	отношение стоимости прогрессивных видов машин и оборудования к общей стоимости оборудования
Коэффициент обновления основных фондов, X_3^i %	отношение стоимости введенных основных фондов к общей стоимости основных фондов
Коэффициент изготовления стандартизированной продукции, X_4^i %;	отношение объема производства соответственно стандартизованных и унифицированных изделий к общему объему выпуска
Уровень качества исходных материалов, X_5^i %	отношение объема забракованных материалов к общему объему поступивших материалов
Удельный вес активной части основных фондов, X_6^i %	отношение стоимости активной части основных фондов к стоимости производственных фондов

При постановке задачи прогнозирования требовалось установить закономерность изменения во времени показателя уровня качества продукции Y^i , % от влияния совокупности технико-экономических показателей производства $X_1^i - X_6^i$, % и получить прогноз значений показателя Y^i на период, равный трем месяцам, что соответствует квартальной отчетности предприятия. При этом прогнозируемый показатель Y^i , % определялся как часть продукции первого сорта в общем объеме выпуска продукции предприятия за отчетный месяц, где i – количество уровней временного ряда.

Цель работы. Установить многомерную зависимость показателя уровня качества продукции от значений технико-экономических показателей, характеризующихся сложными, изменяющимися во времени взаимосвязями и разработать нейросетевую модель прогнозирования уровня качества на установленный период упреждения прогноза.

Методика экспериментов. На первом этапе исследований сформирована исходная выборка, содержащая 21 пример значений технико-экономических факторов $X_1^i - X_6^i$ и показателя уровня качества Y^i на фиксированную дату (табл. 2). Предварительный корреляционно-регрессионный анализ данных исходной выборки в системе STATISTICA 6.1 показал высокую степень коррелированности факторов $X_1^i - X_6^i$ и отсутствие существенного влияния на показатель Y^i всех факторов, кроме X_5^i . Это свидетельствует о невозможности построения адекватной многофакторной регрессионной модели для установления зависимости между переменными при выбранных условиях и ограничениях.

Таблица 2 – Исходная выборка значений технико-экономических факторов производства и показателя уровня качества Y^i

№	Дата	X_1^i	X_2^i	X_4^i	X_5^i	X_6^i	X_8^i	Y^i
1	Январь 2011	75,8	41,6	0,088	77,7	2,4	58,8	67,8
2	Февраль 2011	78,2	42,8	0,105	84,9	5,6	69,3	75,1
3	Март 2011	80,1	42,8	0,128	93,6	10,1	63,6	78,7
...	...	...	...	...	...	...	...	...
19	Июль 2012	85,2	51,9	0,135	91,8	15,8	71,1	79,5
20	Август 2012	86,8	53,2	0,124	92,8	13,9	72,7	82,7
21	Сентябрь 2012	84,9	53,8	0,131	92,5	17,7	70,5	83,5

При формировании выборки для обучения и тестирования сети проведен разведочный анализ исходных данных с использованием утилиты NetMaker программы BrainMaker Professional с целью определения тенденции и цикличности изменения значений прогнозируемого показателя Y^i , а также коррелированности факторов $X_1^i - X_6^i$.

Для выделения регулярной составляющей (тренда) временного ряда прогнозируемого показателя Y^i выполнена процедура его сглаживания, при которой нивелируется влияние случайной составляющей и сглаженный ряд фактически оказывается суперпозицией тренда и циклической (возможно сезонной) составляющих процесса.

Так как прогнозирование показателя уровня качества Y^i выполняли на три месяца, что обусловлено требованиями балансовой ежеквартальной отчетности предприятия, то в каждый пример для обучения модели нейронной сети включали ретроспективные значения временного ряда Y^i трех будущих и трех прошлых месяцев. Для этого в обучающей выборке созданы новые столбцы Y^{i+3} и Y^{i-3} , содержащие данные временного ряда Y^i , смещенные соответственно на три уровня вверх и вниз.

Корреляционный анализ в системе NetMaker позволил получить корреляционные графики, построение которых основано на методе анализа распределенных лагов (Lag), при котором вычисляется оценка согласованности исходных рядов факторов

$X_1^i - X_6^i$ и прогнозируемого показателя Y^{i+3} в соответствии со значением коэффициента корреляции (Strenght), а затем осуществляется смещение одного ряда относительно другого на некоторое число наблюдений и производится оценка

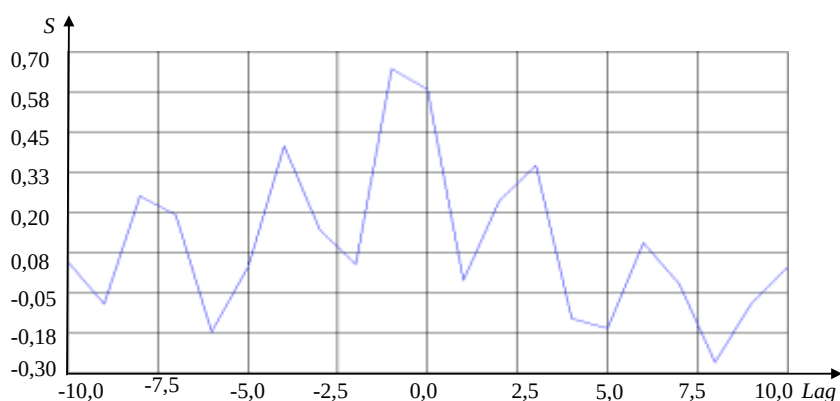


Рис. 1 – Результат корреляционного анализа фактора X_1^i и прогнозируемого показателя Y^{i+3}

связи исходного и модифицированного рядов [3].

В результате корреляционного анализа установлено запаздывающее на один месяц влияние факторов X_1^i (рис.1), X_3^i и X_6^i , а в обучающей выборке создано три колонки X_1^{i-1} , X_3^{i-1} и X_6^{i-1} , значения которых представляют собой смещенные на один уровень временные ряды X_1^i , X_3^i и X_6^i .

Таким образом, в результате разведочного анализа данных сформирована выборка для обучения и тестирования сети, содержащая исходные X_2^i , X_4^i , X_5^i и смещенные X_1^{i-1} , X_3^{i-1} , X_6^{i-1} временные ряды, ретроспективные значения прогнозируемого показателя, смещенные назад на величину периода упреждения прогноза Y^{i-3} , сглаженное значение прогнозируемого показателя Y_{avr}^i и значения обучающего показателя Y^{i+3} (табл. 3).

Таблица 3 – Выборка для обучения и тестирования нейросети

№	Дата	X_1^{i-1}	X_2^i	X_3^{i-1}	X_4^i	X_5^i	X_6^{i-1}	Y^i	Y_{avr}^i	Y^{i-3}	Y^{i+3}
	Annote	Input	Input	Input	Input	Input	Input	Input	Input	Input	Patt
1	Апр. 2011	80,1	43,1	0,128	77,5	7,2	63,6	77,1	67,8	74,68	76,6
2	Май 2011	75,2	44,8	0,076	79,9	6,3	51,5	75,4	75,1	76,58	74,4
3	Июнь 2011	77,9	44,8	0,101	90,9	11,6	60,1	79,2	78,7	77,6	80,2
4	Июль 2011	88,4	45,2	0,176	89,2	7,2	69,1	76,6	77,1	77,08	83,5
...	...	..	...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	Февр.2012	84,8	49,5	0,102	90,2	5,6	70,1	77,5	77,6	78,9	81,2
12	Март 2012	83,8	49,8	0,112	86,2	3,7	68,5	75,8	79,3	78,45	76,3
13	Апр. 2012	80,8	49,8	0,12	91,1	6,02	67,8	76,4	81,2	77,73	79,5
14	Май 2012	84,2	50,9	0,15	89,8	13,07	69,2	81,2	77,5	77,73	82,7
15	Июнь 2012	83,1	51,6	0,15	88,3	14,06	72,3	76,3	75,8	77,43	83,5

На основе данных обучающей выборки в соответствии с правилами выбора топологии прямослойной нейросети разработана ее архитектура в виде 9:5:1, выполнено ее последовательное обучение и тестирование на множестве обучающих примеров

$$\{(X_1^{i-1}, X_2^i, X_3^{i-1}, X_4^i, X_5^i, X_6^{i-1}, Y_{avr}^i, Y^i, Y^{i-3}), Y^{i+3}\}.$$

Нейросеть обучали в системе BrainMaker Professional с параметром точности $Tol=0,01$ на 12-ти примерах и тестировалась на примерах 13–15 (табл. 3). В результате тестирования получено три правильных ответа из трех примеров, что позволяет сделать вывод о высокой точности нейросетевой модели и ее возможности

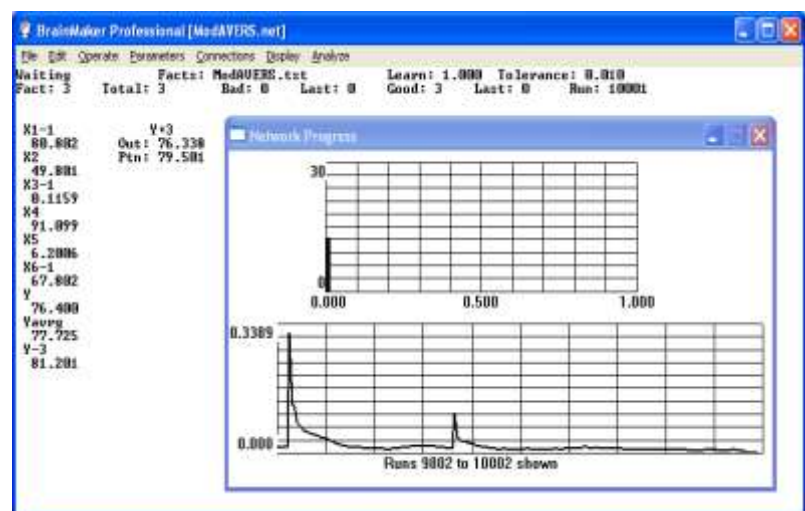


Рис. 2 – Результат обучения модели нейросети

использования для решения задач прогнозирования (рис.2).

Обученную и протестированную сеть использовали для прогнозирования значений показателя уровня качества Y^{i+3} на 3 месяца вперед по данным прогнозной выборки (табл. 4): на октябрь – декабрь 2012 года, т.е. на последний квартал отчетного периода.

Таблица 4 – Данные для прогнозирования показателя уровня качества Y^{i+3}

	Дата	X_1^{i-1}	X_2^i	X_3^{i-1}	X_4^i	X_5^i	X_6^{i-1}	Y^i	Y_{avr}^i	Y^{i-3}
1	Июль 2012	82,1	51,9	0,148	91,8	15,08	68,1	79,5	78,35	76,4
2	Август 2012	85,2	53,2	0,135	92,8	13,09	71,1	82,7	79,93	81,2
3	Сентябрь 2012	86,8	53,8	0,124	92,5	17,07	72,7	83,5	80,5	76,3

На выходе нейросетевой модели получены прогнозные оценки Y^{i+3} для Jul12, Aug12 и Sep12, представленные на рис. 3, где данные первых строк соответствуют значениям прогнозной выборки (табл. 4), а значения вторых строк являются результатом прогнозирования показателя Y^{i+3} .

□ Jul12									
82.100	51.901	0.1480	91.801	15.801	68.102	79.501	78.350	76.402	
82.994									
□ Aug12									
85.201	53.200	0.1350	92.799	13.900	71.103	82.701	79.925	81.201	
81.399									
□ Sep12									
86.802	53.800	0.1240	92.503	17.702	72.703	83.500	80.501	76.303	
82.063									

Рис. 3 – Результат нейросетевого прогнозирования показателя Y^{i+3}

Обсуждение результатов. Верификацию результатов нейросетевого прогнозирования выполняли с использованием критерия относительной ошибки прогнозных оценок при их сравнении с реальными значениями уровня качества продукции, полученными в октябре, ноябре и декабре 2012 года (табл. 5).

Таблица 5 – Верификация результатов прогнозирования

№ примера	Дата	Фактическое значение	Прогноз	Ошибка, %
1	Октябрь 2012	84,2	82,9	0,02
2	Ноябрь 2012	82,3	81,4	1,6
3	Декабрь 2012	83,7	82,1	1,02

Анализ результатов верификации показал, что максимальная относительная ошибка прогноза не превышает 2%, что свидетельствует о 98% достоверности результатов прогнозирования (табл. 5).

Исследование свойств разработанной нейросетевой модели позволили ранжировать входы модели по степени их влияния на прогнозируемый показатель и получить информацию, необходимую для поддержки принятия решений при оперативном управлении технико-экономическими показателями производственного процесса.

Установлено, что наибольшее влияние на качество изготавливаемой продукции оказывает фактор X_1^{i-1} – уровень автоматизации и механизации производства (табл. 6).

Разработанная нейросетевая модель, алгоритм и методика ее создания и использования внедрены в практику производства промышленной продукции в условиях ПАО «АВЕРС» как эффективный инструмент поддержки принятия организационно-технических решений при управлении качеством продукции.

Таблица 6 – Степень влияния входов модели на показатель Y^{i+3}

Вход	Y_{avr}^i	X_1^{i-1}	X_4^i	Y^{i-3}	X_2^i	X_6^{i-1}	X_5^i	X_3^{i-1}	Y^i
Ранг	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Влияние	0,255	0,246	0,188	0,159	0,151	0,127	0,073	0,056	0,037

Выводы. Установлена зависимость уровня качества от значений технико-экономических показателей, характеризующихся сложными изменяющимися во времени взаимосвязями и разработана адаптивная нейросетевая модель, позволяющая с достоверностью 98% прогнозировать изменение уровня качества на установленный период упреждения прогноза.

Модель может быть использована как эффективный инструмент поддержки принятия организационно-технических решений при выборе рациональных значений технико-экономических показателей, обеспечивающих высокий уровень качества промышленной продукции различного целевого назначения.

Список литературы: 1. Бобровников, Г. Н. Прогнозирование в управлении техническим уровнем и качеством продукции [текст] / Г. Н. Бобровников, А. И. Клебанов. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 232 с. 2. Федин, С. С. Оценка и прогнозирование качества промышленной продукции с использованием адаптивных систем искусственного интеллекта: [монография] / С. С. Федин, Н. А. Зубрецкая. – К.: Интерсервис, 2012. – 206 с. 3. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации [текст] / В. В. Корнеев, А. Ф. Гареев, С. В. Васютин, В. В. Райх. – М.: Нолидж, 2000. – 352 с.

Поступила в редколлегию 01.06.2013

УДК 004.8:658.5

Нейросетевое прогнозирование уровня качества промышленной продукции/ Н.А. Зубрецкая // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.81-86. – Бібліогр.:5 назв.

Розроблено адаптивну нейромережну модель, що дає можливість отримувати прогноз рівня якості промислової продукції в залежності від впливу сукупності техніко-економічних показників виробництва.

Ключові слова: нейромережна модель, прогнозування, техніко-економічні показники, рівень якості.

The adaptive neural network model for quality forecasting of industrial products depending on retarded impact of technical and economic manufacturing indexes was developed.

Keywords: neural network model, forecasting, technical and economic indexes, quality level.

УДК 004.89

Д. А. МАШОШИН, студент, ХНУРЭ, Харьков

АДАПТИВНАЯ ОБРАБОТКА НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ПОДХОДА

На основе объединения нечеткого пакетного способа обработки и сегментации временных рядов с рекуррентными процедурами обработки текущих значений, предложен онлайн метод сегментации многомерных временных рядов, который применим для обнаружения однородных сегментов в реальном режиме времени на основе потоковых данных.

Введение. Временные ряды являются совокупностью наблюдений случайного процесса, а задача сегментации достаточно часто возникает во многих приложениях, связанных с их обработкой. Для обработки таких данных некорректно выделять четкие границы сегментов. В таких задачах используются алгоритмы нечеткой сегментации. Нечеткие алгоритмы сегментации широко применяются в различных приложениях, где необходима кластеризация нечетких и неопределенных элементов, перекрывающихся групп и расплывчатых объектов, но они не могут быть непосредственно применены к временным рядам, так как кластеры могут быть смежными во времени.

В сфере обработки временных рядов также существуют задачи, для которых необходима обработка значений в режиме реального времени с учетом постоянно поступающих новых входных данных. Основными такими задачами является мониторинг работы системы в процессе переходов для сокращения бракованной продукции, не соответствующей спецификации, определение нарушений и раннего предупреждения отклонений в технологическом процессе или роста неисправностей, а также мгновенное выявление образцов для анализа, прогноза и оптимизации. С учетом непрерывно обновляющихся входных данных, обычные алгоритмы пакетной обработки не подходят для такого вида задач ввиду их вычислительной сложности при пересчете новых значений. Для того, чтобы избавиться от необходимости заново рассчитывать обратную матрицу при подключении/удалении в модель новых членов, необходимо корректировать ковариационную матрицу, полученную на предыдущем шаге.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Понятие сегментации временных рядов заключается в следующей статистической проблеме: пусть дан временной ряд $T = \{x_k \mid 1 \leq k \leq N\}$, представленный конечным множеством N выборок, отмеченных моментами времени $t_1, \dots, t_N$, необходимо найти разбиение этого ряда на множество последовательных временных точек $S(a, b) = \{a \leq k \leq b\}, x_a, x_{a+1}, \dots, x_b$, называемых границами сегментов. S -сегментация временного ряда T – это разбиение сегмента T на s непересекающихся сегментов $S_T^c = S_i(a_i, b_i) \mid 1 \leq i \leq c$, которые являются внутренне однородными, таким образом, чтобы $a_1 = 1, b_c = N$ и $a_i = b_{i-1} + 1$. Т.е. необходимо найти стабильный период времени, для определения изменения сегментов. В зависимости от применения и цели разбиения необходимо найти стабильные периоды времени, найти точки изменения, или просто сжать исходный временной ряд в более компактное представление. Хотя во многих реальных приложениях наблюдение за многими переменными производится похожим образом, большинство алгоритмов сегментации используются только для анализа одной нестационарной переменной.

Целью процедуры сегментации является нахождение однородных сегментов в данном временном ряде, т.е. сегменты, содержащие элементы со сходными свойствами. В этом случае проблема сегментации может быть описана как проблема группировки с ограничениями: данные со схожими свойствами должны быть определены в одну группу, но с ограничением, что все объекты в этой группе должны быть последовательными по времени. Для формализации этого, необходимо ввести функцию качества $cost(S(a, b))$, как меру однородности сегмента. Таким образом,

сегмент является однородным, если эта функция одинакова или находится в допустимых пределах для любой точки этого сегмента, при этом функция может выбираться достаточно произвольно.

Чаще всего, функция качества $cost(S(a,b))$ определяется отклонением между значениями временного ряда и значениями некоторой функции (константной, линейной или полиномиальной), которая аппроксимирует его для каждого сегмента данных. Оптимальная с-сегментация должна одновременно определять границы сегментов и вектор параметров для моделей сегментов. Решение проблемы сегментации опирается на кластеризацию сегментов, взаимосвязанных по времени. В качестве целевой функции обычно выступает стоимость всей с-сегментации:

$$cost(S_T^c) = \sum_{i=1}^c cost(S_i) . \quad (1)$$

Для нахождения отдельных сегментов, функция качества может быть минимизирована с помощью динамического программирования, но, к сожалению, его применение весьма затруднено для многих реальных задач из-за громоздких вычислений.

Цель и задачи исследования. Основная цель этой работы – на основе изучения методов нечеткой сегментации временных рядов разработать модифицированные алгоритмы, способные не только получать изменяющиеся во времени потоковые характеристики многомерных данных (изменение среднего, изменение дисперсии и изменения в корреляционной структуре между переменными), но и учитывающие проблемы, которые уменьшают эффективность этих методов. Для получения необходимой информации используются такие многомерные статистические инструменты, как метод главных компонент (Principal component analysis – PCA). Метод главных компонент позволяет отображать данные в пространство с более низкой размерностью, которое полезно при анализе и визуализации коррелированной многомерной информации. Предлагаемый алгоритм осуществляет группировку данных для того, чтобы обнаружить локальные отношения между похожими переменными.

Описание алгоритмов. Рассмотрим функцию качества [1]:

$$\begin{aligned} cost(S_T^c) &= \sum_{i=1}^c \sum_{k=s_{i-1}+1}^{s_i} x_k - v_i^{x2} = \\ &= \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N \beta_i(t_k) D_{ik}^2(v_i^x, x_k), \end{aligned} \quad (2)$$

где $D_{ik}^2(v_i^x, x_k)$ – расстояние между центром в i -м сегменте и точкой данных,

$b_i(t_k) = \{0,1\}$ – определяет принадлежность точки k к i -му сегменту:

$$\beta_i(t_k) = \begin{cases} 1, & s_{i-1} < k \leq s_i, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (3)$$

Изменение значений переменных временных рядов обычно случайно, так как практически невозможно определить четкие границы сегментов, для представления $\beta_i(t_k) = \{0,1\}$ нечетких сегментов временных рядов – $A_i(t_k)$ используются гауссовские функции, выбор которых приводит к следующей компактной формуле количества элементов в i -м сегменте k -го наблюдения:

$$A_i(t_k) = \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(x_k - v_i^x)^2}{\sigma_i^2}\right), \quad (4)$$

$$\beta_i(t_k) = \frac{A_i(t_k)}{\sum_{j=1}^c A_j(t_k)}. \quad (5)$$

Для нахождения центров кластеров v_i^t и дисперсии s_i^2 введем онлайн алгоритм нечеткой кластеризации, который является модифицированным алгоритмом вида Gath-Geva [1]. Этот алгоритм представляет данные на основе многомерного распределения Гаусса, таким образом, это минимизируется сумма квадратов между точками данных $z_k = [t_k, x_k^T]^T$ и η_i – прототипом формируемой группы:

$$J = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m D^2(z_k, \eta_i), \quad (6)$$

где $\mu_{i,k}$ – степень принадлежности наблюдения $z_k = [t_k, x_k^T]^T$,

$m \in [1, \infty)$ – показатель, который определяет нечеткость групп (обычно $m = 2$).

Алгоритм кластеризации GG может быть рассмотрен, как основывающийся на вероятностных принципах. В таком случае функция расстояния $D^2(z_k, h_i)$ обратно пропорциональна вероятности $p(z_k | h_i)$ того, что точка z_k принадлежит i -тому кластеру. Данные описываются нормальным распределением случайных величин со значением центров кластера v_i и ковариационной матрицей F_i . Алгоритм GG представляет собой смесь гауссовских распределений:

$$p(z_k | \eta) = \sum_{i=1}^c p(z_k | \eta_i) p(\eta_i), \quad (7)$$

где $p(z | \eta_i)$ – распределение, порожденное i -тым кластером, представленное гауссовской функцией:

$$p(z | \eta_i) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n+1}{2}} \sqrt{\det(F_i)}} \exp\left(-\frac{1}{2}(z - v_i)^T (F_i)^{-1} (z - v_i)\right) \quad (8)$$

и $p(\eta_i)$ – безусловная кластерная вероятность, η_i представляет собой параметры i -того кластера, $\eta_i = \{p(\eta_i), v_i, F_i | i = 1, \dots, c\}$.

Так как время не зависит от x_k переменных, предложенный алгоритм кластеризации основывается на следующей функции расстояния $D^2(z_k, \eta_i)$:

$$p(z_k | \eta_i) = \frac{1}{D^2(z_k, \eta_i)} = \alpha_i \underbrace{\frac{1}{p(\eta_i) \sqrt{2\pi\sigma_{i,t}^2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(t_k - v_i^t)^2}{\sigma_{i,t}^2}\right)}_{p(t_k | \eta_i)} \times \underbrace{\frac{1}{(2\pi)^{\frac{r}{2}} \sqrt{\det(A_i)}} \exp\left(-\frac{1}{2} (x_k - v_i^x)^T (A_i)^{-1} (x_k - v_i^x)\right)}_{p(x_k | \eta_i)}, \quad (9)$$

которая состоит из трех частей. Первая, α_i – априорная вероятность кластера, вторая – отклонение k -й точки от центра i -го сегмента v_i^t во времени. Третья представляет собой расстояние между прототипом кластера и пространства признаков, координаты центра группы в пространстве признаков.

Норма отклонения A_i может быть определена многими способами. Разумно применить к переменным масштабирование так, чтобы переменные с большим отклонением не преобладали в группе. Масштабирование производится путем

делением на значение стандартных отклонений, однако лучший способ – использовать статистическое отклонение, которое также приспособляется к корреляции между переменными. В этом случае $\mathbf{A}_i$ – обратная к матрице нечеткой ковариации $\mathbf{A}_i = \mathbf{F}_i$, где

$$\mathbf{F}_i = \frac{\sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m (x_k - v_i^x)(x_k - v_i^x)^T}{\sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m}. \quad (10)$$

Когда переменные в матрице сильно зависят друг от друга, матрица ковариации $\mathbf{F}_i$ может оказаться плохо обусловленной и не иметь обратной матрицы. В [4] эта проблема была решена. Первый из двух методов, которые использованы в [4], основан на пропорции между минимальным и максимальным значением собственного значения матрицы ковариации.

Второй метод основан на добавлении единой матрицы весов к посчитанной матрицы ковариации. Оба метода позволяют получить обратную матрицу, но ни один из них не выдает потенциальную информацию о скрытой структуре данных.

Оптимальные параметры прототипа группы $\eta_i = \{v_i^x, A_i, v_i^t, \sigma_i^2, \alpha_i\}$ определяются минимизацией функции (5) при следующих условиях, вводимых для того, чтобы пространство разбиения было нечетким:

$$\begin{aligned} U &= [\mu_{i,k}]_{c \times N} \mid \mu_{i,k} \in [0,1], \forall i, k, \\ \sum_{i=0}^c \mu_{i,k} &= 1, \\ \forall k; 0 < \sum_{k=1}^N \mu_{i,k} < N, \forall i. \end{aligned} \quad (11)$$

Самым популярным методом решения этой проблемы является альтернативная, выборочная оптимизация которая состоит из применения пикарового повторения до выполнения условий первого приближения для стационарной точки (5), которая может быть найдена наложением условия (11) к критерию J использованием множителей Лагранжа:

$$\bar{J}(Z, U, \eta, \lambda) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m D^2(z_k, \eta_i) + \sum_{k=1}^N \lambda_i (\sum_{i=1}^N \mu_{i,k} - 1) \quad (12)$$

и приравниваем градиентов $\bar{J}$ по Z, U, η, λ к нулю.

Явным недостатком данного решения является его сложность в использовании онлайн-процедур кластеризации. Для решения данной проблемы используются рекуррентные процедуры обращения матриц и нахождения определителя матрицы, что является наиболее ресурсоемкой задачей.

Метод рекуррентного обращения позволяет со сравнительно малыми вычислительными затратами пересчитывать матрицу, обратную к A при добавлении к случайной сетке дополнительных узлов. Благодаря этому, можно постепенно наращивать объем случайной сетки и останавливать вычислительный процесс сразу же по достижении требуемой точности.

Лемма Шермана-Моррисона описывает обращение $A + uv^T$, при известном разложении на множители матрицы A :

$$(A + uv^T)^{-1} = A^{-1} - \frac{A^{-1}uv^T A^{-1}}{1 + v^T A^{-1}u}. \quad (13)$$

На основе этой формулы, а также леммы Вудбери можно рассчитать формулу рекуррентного вычисления обратной матрицы и определителя:

$$A^{-1}(k+1) = A^{-1}(k) - \frac{A^{-1}(k)x(k+1)x^T(k+1)A^{-1}(k)}{1+x(k+1)A(k)x^T(k+1)}. \quad (14)$$

В итоге алгоритм можно описать следующим образом:

Инициализация. Дан временной ряд T со свойствами c , выбирается допустимое отклонение (допуск прерывания) $e > 0$ и инициализируются $W_i, v_i^x, \sigma_{i,x}^2, \mu_{i,k}$.

Повторение до тех пор, пока не дана точка выхода или не превышено время простоя:

Сбор поступившей информации и формирование новых входных параметров.

Если обратная матрица известна:

Вычисление новой обратной матрицы по формулам (13) и (14):

$$F_{i+1} = \frac{1}{d} F_i - \frac{F_i x_k x_k^T F_i}{d + x_k^T F_i x_k},$$

где d – параметр забывания.

Повторение для l от 1 до N :

Шаг 1. Вычисляется η_i параметров кластера:

- априорная вероятность группы (кластера):

$$\alpha_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \mu_{i,k}; \quad (15)$$

- центры кластеров:

$$v_i^x = \frac{\sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m (x_k - W_i(y_{i,k}))}{\sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m}; \quad (16)$$

- пересчитываем W_i :

$$\tilde{W}_i = F_i W_i (\sigma_{i,x}^2 I + M_i^{-1} W_i^T F_i W_i)^{-1} \quad (17)$$

- норма отклонения A_i (матрица $n \times n$):

$$A_i = \sigma_{i,x}^2 I + \tilde{W}_i \tilde{W}_i^T; \quad (18)$$

- центр кластера и стандартное отклонение:

$$v_i^t = \frac{\sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m t_k}{\sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m} \quad (19)$$

$$\sigma_{i,t}^2 = \frac{\sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m (x_k - v_i^x)(x_k - v_i^x)^T}{\sum_{k=1}^N (\mu_{i,k})^m} \quad (20)$$

Шаг 2. Вычисляется расстояние $D^2(z_k, h_i)$ при помощи (9).

Шаг 3. Обновление матрицы разбиения:

$$\mu_{i,k}^{(l)} = \frac{1}{\sum_{j=0}^c (D(z_k, \eta_i) / D(z_k, \eta_j))^{2/(m-1)}}, \quad 1 \leq i \leq c, 1 \leq k \leq N, \quad (21)$$

$$A(k) = \sum_{i=1}^k x(i)x^T(i). \quad (22)$$

до тех пор, пока $\|U(l) - U(l-1)\| < \varepsilon$.

Выводы. В статье была рассмотрена модификация алгоритма онлайн-нечеткой сегментации многомерных временных рядов. Алгоритм основан на непрерывной идентификации нечетких множеств, которые представляют собой сегменты во времени. Алгоритм обнаруживает наличие смежных кластеров во времени и в состоянии обнаружить изменения в скрытой структуре многомерных временных рядов. Благодаря рекуррентным формулам обращения матриц, становится возможным использование этого алгоритма в ситуации постоянно изменяющихся параметров.

Список литературы: 1. Abonyi, J. Modified Gath–Geva clustering for fuzzy segmentation of multivariate time-series [Text] / Abonyi J., Babuska R., Szeifert F // Fuzzy Sets and Systems. – 2005. – №149. – P. 39–56. 2. Keogh, E. An Online Algorithm for Segmenting Time Series. [Text] / Keogh, E., Chu, S. Hart, D., Pazzani, M. // California, USA: IEEE International Conference on Data Mining. – 2001. – P. 248–296. 3. Малозёмов, В. Н. Рекуррентный вариант метода наименьших квадратов. [Текст] / Малозёмов В. Н., Рыбин С. В. // М.: Радио и связь – 2004. – 294 с. 4. Babuska, R. Improved covariance estimation for Gustafson-Kessel clustering [Text] / Babuska R., van der Veen P. J., Kaymak U. // IEEE International Conference on Fuzzy Systems. – 2002 – P. 1081–1085. 5. Перминов, Г. И. Метод анализа многомерных временных рядов с использованием корректировки предварительно рассчитанной обратной матрицы: исследование в сравнении с другими методами Data Mining [Текст] / Перминов Г. И. // Бизнес-информатика. Методы анализа информации. 2008. – №1 – С. 36–44. 6. Dobos, L. Application of on-line multivariate time-series segmentation for process monitoring and control [Text] / Dobos L., Abonyi J. // Chemical Engineering Science. 2012. – V.75, №4. – P. 96–105. 7. Chun Yuan Deng A generalization of the Sherman–Morrison–Woodbury formula [Text] / Chun Yuan Deng // Applied Mathematics Letters. 2011. – V.24, №6 – P. 1561–1564. 8. Малозёмов, В. Н. Формулы Фробениуса, Шермана–Моррисона и близкие вопросы [Текст] / Малозёмов В. Н., Монако М. Ф., Петров А. В. // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2002. – Т.42, №10 – С. 1459–1465. 9. Xu, R. Clustering [Text] / Rui Xu, Donald C. Wunsch II // New Jersey, USA: A John Wiley & Sons, Inc. – 2009. – P.364. 10. Daniel, L. Fuzzy Granular Evolving Modeling for Time Series Prediction [Text] / Daniel L., Fernando G., Rosangela B., Pyramo C. // IEEE International Conference on Fuzzy Systems. – 2011. – P. 2794–2801.

Поступила в редколлегию 01.06.2013

УДК 004.89

Адаптивная обработка нестационарных временных рядов на основе нечеткого подхода / Д. А. Машошин // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. – № 38 (1011). – С.86–92. – Бібліогр.: 11 назв.

На основі об'єднання нечіткого пакетного способу обробки і сегментації часових рядів з рекуррентними процедурами обробки поточних значень, запропоновано метод онлайн сегментації багатовимірних часових рядів, який можна застосувати для виявлення однорідних сегментів в реальному режимі часу на основі потокових даних.

Ключові слова: часові ряди, нечітка кластеризація, рекуррентні процедури, онлайн кластеризація.

By combining the fuzzy batch mode processing and segmentation of time series with recurrent processing procedures current values offered online segmentation method of multivariate time series, which is useful for the detection of homogeneous segments in real time based on the data stream.

Keywords: time series, fuzzy clustering, recursive procedures, online clustering.

УДК 044.03

В. М. ЛЕВЫКИН, д-р техн. наук, проф., зав.каф., ХНУРЭ, Харьков;
О. С. ГНИДЕНКО, аспирант, ХНУРЭ, Харьков

РАЗРАБОТКА КАТЕГОРИЙНОЙ МОДЕЛИ РЕАЛИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОЦЕССА ВЫБОРА МЕРОПРИЯТИЙ

Рассматриваются методы формирования категорных моделей сложных объектов. В категорно-функторном представлении формализованы показатели эффективности, бизнес-процессы и мероприятия, позволяющие формализовать формирование списка мероприятий для оперативного управления БП.

Ключевые слова: категория бизнес-процесса, категория показателей эффективности, категория мероприятий, функтор.

© В. М. ЛЕВЫКИН, О. С. ГНИДЕНКО, 2013

Введение. Основные резервы повышения эффективности предприятий в настоящее время связаны с реализацией процессного управления. Трудности, с которыми сталкиваются при его внедрении, является отсутствие необходимых средств автоматизации бизнес-процессов (БП) во взаимосвязи со стратегией предприятия. Все это обуславливает актуальность исследования проблемы формирования процессного управления предприятием на основе сбалансированных показателей, обеспечивающей развитие предприятия в долгосрочной перспективе и эффективное управления его БП.

Решение данной проблемы представляется возможным с помощью применения ССП для связи со стратегией, и управления БП на основе сбалансированных показателей. Реализация стратегических целей включает управление каждым бизнес-процессом (БП) в отдельности и управление связями между отдельными БП [1]. Управление каждым БП в отдельности направлено на изменение показателей БП при отклонении с помощью мероприятий для получения требуемого результата на выходе.

Целью работы. Целью работы является разработка моделей и методов стратегического управления предприятием на основе процессного подхода и использование инструментальных технологий реализации построенных моделей, что обеспечит повышение эффективности предприятия.

Постановка задачи. Задача управления сводится к поиску мероприятия $a \in A, i = \overline{1, i_0}$, способного обеспечить достижение поставленных целей $g \in G, m = \overline{1, m_0}$, при наличии возмущающих воздействий $\xi(t)$. При этом цели стратегического управления должны быть измеряемыми и функционально зависеть от показателей эффективности ОУ $I_{OU} \in I, j = \overline{1, j_0}$. Особенностью стратегических целей является трудность измерения их реализации, поэтому для оценки достижения целей использоваться различные показатели или наборы показателей. При этом принятие управленческих решений осуществляется в условиях существенной неопределенности, связанной с влиянием возмущающих воздействий, в качестве которых выступает множество факторов внутренней и внешней среды [2]. Оперативное управление предприятием предполагает контроль показателей эффективности I БП, позволяющих реализовать стратегические цели предприятия.

Категорная модель реализации жизненного цикла процесса выбора мероприятий. Для определения взаимосвязи стратегических целей и БП опишем модель структуры показателей I и категории показателей эффективности. В общем виде объект показателей представим структурированными множествами, для чего введем следующие обозначения: I_{OU} – множества всех показателей эффективности ОУ, $I_{ССП}$ – множество показателей БП верхнего уровня, которые также являются индикаторами степени достижения стратегических целей ОУ, I_D – множество показателей функций БП подразделений ОУ. По аналогии распределение множеств

$I_{CCП}$ среди $I_{OУ}$ и распределение множеств I_D среди $I_{CCП}$ представим инъективными отображениями:

$$F_{I_{CCП}}^{I_{OУ}} : \begin{cases} I_{OУ} \rightarrow 2^{I_{CCП}} \\ i_{OУ} \rightarrow I_{CCП_{i_{OУ}}} \end{cases}, \quad (1)$$

$$F_{I_D}^{I_{CCП}} : \begin{cases} I_{CCП} \rightarrow 2^{I_D} \\ i_{CCП} \rightarrow I_{D_{i_{CCП}}} \end{cases}, \quad (2)$$

$$F_{I_D}^{I_{OУ}} = F_{I_{CCП}}^{I_{OУ}} * F_{I_D}^{I_{CCП}}, \quad (3)$$

где $2^{I_{CCП}}$ – множество всех подмножеств показателей $I_{CCП}$, такое, что $F_{I_{CCП}}^{I_{OУ}}(i_{OУ}) = I_{CCП_{i_{OУ}}}$; $I_{CCП_{i_{OУ}}}$ – подмножество показателей $I_{CCП}$ множества показателей БП конкретного предприятия, 2^{I_D} – множество всех подмножеств показателей I_D , такое, что

$$F_{I_D}^{I_{CCП}}(i_{CCП}) = I_{D_{i_{CCП}}};$$

$I_{D_{i_{CCП}}}$ – подмножество показателей конкретного подразделения предприятия.

Таким образом, модель структуры показателей эффективности можно представить следующим образом:

$$M_I = \langle I_{OУ}, I_{CCП}, I_D, F_{I_{CCП}}^{I_{OУ}}, F_{I_D}^{I_{CCП}}, F_{I_D}^{I_{OУ}} \rangle. \quad (4)$$

Из-за сложности исследуемого объекта процесс реализации данной математической модели является трудной задачей, поэтому наиболее приемлемым описанием такой системы, являются математические модели представленные в виде категорий. Категории подразумевают проецирование их объектов на некоторую совокупность «родственных» им объектов и по свойствам проекций определять внутреннюю структуру исследуемых объектов. Категория считается заданной, если определён класс объектов представленных структурированными множествами, а также соответствует множество морфизмов между ними [3].

Выделим категорию показателей эффективности L^I , в которой объектами являются $Ob_{L^I} = \{I_{OУ}, I_{CCП}, I_D\}$. Также определено множество морфизмов:

$$\varphi_{I_{OУ}} : I_{OУ} \rightarrow I'_{OУ}, \quad (5)$$

$$\varphi_{I_{CCП}} : I_{CCП} \rightarrow I'_{CCП}, \quad (6)$$

$$\varphi_{I_D} : I_D \rightarrow I'_D. \quad (7)$$

Коммутативные диаграммы категории L^I , подтверждающие функциональность морфизмов, представлены на рис.:



Рис. – Коммутативные диаграммы категории L^I

Условие коммутативности задаются следующими выражениями:

$$\begin{cases} \varphi_{I_{OY}} \cdot F_{I'_{CСП}}^{I_{OY}} = F_{I_{CСП}}^{I_{OY}} \cdot \varphi_{I_{CСП}} \\ \varphi_{I_{CСП}} \cdot F_{I'_D}^{I_{CСП}} = F_{I_D}^{I_{CСП}} \cdot \varphi_{I_D} \end{cases} \quad (8)$$

Структурированные множества I , являющиеся множеством показателей эффективности, функционально отражаются в структурированное множество I' . При этом внутренние связи между $I_{OY}, I_{CСП}, I_D$ в I сохраняются и в I' , вследствие их функционального назначения.

Таким образом, категорную модель показателей эффективности можно представить в следующем виде:

$$L^I = (I_{OY}, I_{CСП}, I_D, \varphi_{I_{OY}}, \varphi_{I_{CСП}}, \varphi_{I_D}) \quad (9)$$

Для реализации задач стратегического управления БП используются показатели эффективности БП. Для определения категории БП соответствии их классификацией, отражающей степень подробности рассмотрения, объект БП представим следующими структурированными множествами: BP_{OY} - множество всех бизнес-процессов ОУ, $BP_{1ур}$ - множество бизнес-процессов верхнего уровня, способствующих достижению стратегических целей, $BP_{н.ур}$ - множество детальных БП ОУ нижнего уровня. По аналогии получим описания связей между введенными множествами, представленными в виде отображений:

$$F_{BP_{н.ур}}^{BP_{OY}} = \begin{cases} BP_{OY} \rightarrow 2^{BP_{1ур}} \\ bp_{OY} \rightarrow BP_{1ур} bp_{OY} \end{cases} \quad (10)$$

$$F_{BP_{н.ур}}^{BP_{1ур}} = \begin{cases} BP_{1ур} \rightarrow 2^{BP_{н.ур}} \\ bp_{1ур} \rightarrow BP_{н.ур} bp_{1ур} \end{cases} \quad (11)$$

$$F_{BP_{н.ур}}^{BP_{OY}} = F_{BP_{1ур}}^{BP_{OY}} * F_{BP_{н.ур}}^{BP_{1ур}} \quad (12)$$

где $2^{BP_{1ур}}$ - множество всех подмножеств БП верхнего уровня, такое, что $F_{BP_{1ур}}^{BP_{OY}}(bp_{OY}) = BP_{1ур} bp_{OY}$; $BP_{1ур} bp_{OY}$ - множество бизнес-процессов верхнего уровня, которые входят в множество всех БП ОУ. $2^{BP_{н.ур}}$ - множество всех подмножеств БП ОУ нижнего уровня, такое, что

$$F_{BP_{н.ур}}^{BP_{1ур}}(bp_{1ур}) = BP_{н.ур} bp_{1ур};$$

$BP_{n.ypbp1yp}$ – множество БП ОУ нижнего уровня, которые входят в множество определенного БП верхнего уровня.

Таким образом, введенные структурированные множества и отображения описывают математическую модель структуры бизнес-процессов, в виде

$$M_{BR} = \langle BP_{OU}, BP_{1yp}, BP_{n.yp}, F_{BP_{1yp}}^{BP_{OU}}, F_{BP_{n.yp}}^{BP_{1yp}}, F_{BP_{n.yp}}^{BP_{OU}} \rangle. \quad (13)$$

Для получения категории БП определим соответствующие морфизмы.

$$\Phi_{BP_{OU}} : BP_{OU} \rightarrow BP'_{OU}, \quad (14)$$

$$\Phi_{BP_{1yp}} : BP_{1yp} \rightarrow BP'_{1yp}, \quad (15)$$

$$\Phi_{BP_{n.yp}} : BP_{n.yp} \rightarrow BP'_{n.yp}. \quad (16)$$

Для пары морфизмов $\Phi_{BP_{OU}}, \Phi_{BP_{1yp}}$ определим композицию $\Phi_{BP_{OU}} \circ \Phi_{BP_{1yp}} = \Phi_{BP_{n.yp}}$. Аналогично опишем условие коммутативности категории L^{BP} следующими выражениями:

$$\begin{cases} \Phi_{BP_{OU}} \cdot F_{BP'_{1yp}}^{BP'_{OU}} = F_{BP_{1yp}}^{BP_{OU}} \cdot \Phi_{BP_{1yp}} \\ \Phi_{BP_{1yp}} \cdot F_{BP'_{n.yp}}^{BP'_{1yp}} = F_{BP_{n.yp}}^{BP_{1yp}} \cdot \Phi_{BP_{n.yp}} \end{cases} \quad (17)$$

Структурированные множества BP , являющиеся множеством бизнес-процессов, функционально отражается в структурированное множество BP' . При этом внутренние связи между $BP_{OU}, BP_{1yp}, BP_{n.yp}$ в BP сохраняются и в BP' , вследствие их функционального назначения. Таким образом, категорную модель БП представим в следующем виде:

$$L^{BP} = (BP_{OU}, BP_{1yp}, BP_{n.yp}, \Phi_{BP_{OU}}, \Phi_{BP_{1yp}}, \Phi_{BP_{n.yp}}). \quad (18)$$

Описание взаимосвязи категории показателей эффективности и категории мероприятий представляется функтором $\Phi_{L^{BP}}^{L^I}$, из L^I в L^{BP} , который переводит объекты L^I в объекты L^{BP} и морфизмы L^I в морфизмы L^{BP} . Морфизмы одной категории должны быть функциональны по отношению к морфизмам другой категории: $Mor_{L^{BP}}^{L^I}$ [4]:

$$\Phi_{L^{BP}}^{L^I} : L^I \rightarrow L^{BP}. \quad (19)$$

Для корректировки показателей эффективности I в рамках достижения поставленных стратегических целей необходимо описать взаимосвязь показателей I с мероприятиями A . Для этих целей аналогично определяется модель структуры мероприятий, включающая следующие структурированные множества: A_{OU} – множества всех возможных мероприятий ОУ; $A_{ССП}$ – множество мероприятий, которые могут использоваться для показателей

стратегических целей; A_D – множество мероприятий, оказывающих влияние на показатели эффективности бизнес-функций подразделения.

По аналогии получим описания связей между введенными множествами, представленными в виде отображений:

$$F_{A_{CCП}}^{A_{OY}} : \begin{cases} A_{OY} \rightarrow 2^{A_{CCП}} \\ a_{OY} \rightarrow A_{CCП a_{OY}} \end{cases}, \quad (20)$$

$$F_{A_D}^{A_{CCП}} : \begin{cases} A_{CCП} \rightarrow 2^{A_D} \\ a_{CCП} \rightarrow a_{D A_{CCП}} \end{cases}, \quad (21)$$

$$F_{A_D}^{A_{OY}} = F_{A_{CCП}}^{A_{OY}} * F_{A_D}^{A_{CCП}}, \quad (22)$$

где $2^{A_{CCП}}$ – множество всех подмножеств мероприятий БП $A_{CCП}$, такое, что $F_{A_{CCП}}^{A_{OY}}(a_{OY}) = A_{CCП a_{OY}}$; $A_{CCП a_{OY}}$ – множество мероприятий, которые могут использоваться для конкретного БП, 2^{A_D} – множество мероприятий A_D , такое, что $F_{A_D}^{A_{CCП}}(a_{CCП}) = A_{D a_{CCП}}$; $A_{D a_{CCП}}$ – подмножество мероприятий, из мероприятий конкретного БП.

Таким образом, модель структуры показателей эффективности можно представить следующим образом:

$$M_A = \langle A_{OY}, A_{CCП}, A_D, F_{A_{CCП}}^{A_{OY}}, F_{A_D}^{A_{CCП}}, F_{A_D}^{A_{OY}} \rangle \quad (23)$$

Аналогично выделим категорию мероприятий L^A , в которой объектами являются $Ob_{L^A} = \{A_{OY}, A_{CCП}, A_D\}$. Также определим множество морфизмов:

$$\begin{aligned} \varphi_{A_{OY}} : A_{OY} &\rightarrow A'_{OY}, \\ \varphi_{A_{CCП}} : A_{CCП} &\rightarrow A'_{CCП}, \\ \varphi_{A_D} : A_D &\rightarrow A'_D. \end{aligned} \quad (24)$$

Для пары морфизмов $\varphi_{A_{CCП}}, \varphi_{A_{OY}}$ определим композицию $\varphi_{A_{OY}} \circ \varphi_{A_{CCП}} = \varphi_{A_D}$. Аналогично опишем условие коммутативности категории L^A следующими выражениями:

$$\begin{cases} \varphi_{A_{OY}} \cdot F_{A'_{CCП}}^{A'_{OY}} = F_{A_{CCП}}^{A_{OY}} \cdot \varphi_{A_{CCП}} \\ \varphi_{A_{CCП}} \cdot F_{A'_D}^{A'_{CCП}} = F_{A_D}^{A_{CCП}} \cdot \varphi_{A_D} \end{cases} \quad (25)$$

Структурированные множества A , являющиеся множеством показателей эффективности, функционально отражаются в структурированное множество A' . При этом внутренние связи между $A_{OY}, A_{CCП}, A_D$ в A сохраняются и в A' , вследствие их функционального назначения. Таким образом, категорную модель мероприятий можно представить в следующем виде:

$$L^A = (A_{OU}, A_{ССП}, A_D, \varphi_{A_{OU}}, \varphi_{A_{ССП}}, \varphi_{A_D}). \quad (26)$$

Описание взаимосвязи категории показателей эффективности и категории мероприятий представляется функтором:

$$\Phi_{L^I}^{LA}: L^A \rightarrow L^I. \quad (27)$$

Взаимосвязь категорий мероприятий ОУ и бизнес-процессов, позволяющая формализовать формирование списка мероприятий для оперативного управления БП, представляется составным функтором:

$$\Phi_{L^A}^{L^{BP}} = \Phi_{L^{BP}}^{L^I} * \Phi_{L^A}^{L^I}. \quad (28)$$

Описание взаимосвязи между категориями L^I , L^{BP} и L^A позволяет в дальнейшем установить взаимосвязь между БП, стратегическими целями и мероприятиями, выделив соответствующие категории и описав составные функторы.

Выводы. Разработана категорная модель реализации жизненного цикла процесса выбора мероприятия, которая описывает взаимосвязи между показателями эффективности, БП и мероприятиями, что позволяет осуществлять оперативное управление БП путем выбора мероприятий на основе значений показателей. В категорно-функторном представлении формализованы объекты показателей результативности предприятия и мероприятий, как наиболее информативные структуры процесса реализации БП предприятия в рамках стратегических целей.

Категорные модели, описывающие процесс стратегического управления БП, являются основой для разработки метода, который учитывает влияние мероприятий на показатели БП с учетом риска их ухудшений и описывает взаимосвязь целевых значений показателей оперативного уровня со стратегическими целями ОУ. Реализация разработанной модели осуществляется в рамках информационной технологии стратегического управления БП.

Список литературы: 1. Томпсон, А. А. Стратегический менеджмент. Концепции и ситуации для анализа [Текст] / Артур А. Томпсон-мл, А. Дж. Стрикленд. – М.: Вильямс, 2007. – 928 с. 2. Башкатова, Ю. И. Управленческие решения: Учебно-методический комплекс [Текст] / Ю. И. Башкатова – М.: Изд. центр ЕАОИ. 2008. – 120 с. 3. Деменков, Н. П. Нечеткое управление в технических системах [Текст] / Н. П. Деменков. – М: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2005. – 200 с. 4. Ершов, А. В. Категории и функторы: Учебное пособие [Текст] / А.В. Ершов – Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2012. – 88 с.

Поступила в редколлегию 02.06.2013

УДК 044.03

Разработка категорной модели реализации жизненного цикла процесса выбора мероприятий / Левыкин В. М., Гниденко О. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.92-98. – Бібліогр.:4 назв.

Розглядаються методи формування категорних моделей складних об'єктів. У категорно-функторному поданні формалізовані показники ефективності, бізнес-процеси і заходи, що дозволяють формалізувати формування списку заходів для оперативного управління БП.

Ключові слова: категорія бізнес-процесу, категорія показників результативності, категорія заходів, функтор.

The methods of forming categorical models of complex objects is considered. In the representation of category and functor the performance of indicators, business processes and activities are formalized.

This make it possible to formalize the generation of a list of activities for the operational management of business processes.

Keywords: business process category, the category of performance indicators, the category of activities functor.

УДК 621.391

В. В. КОРЧИНСКИЙ, канд. техн. наук, доц., Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассматриваются методы имитационного моделирования шумовых сигналов для задачи применения их в современных конфиденциальных системах связи. Приведен сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов, формируемых на основе различных законов распределения.

Ключевые слова: шумовой, хаотический, сигнал, спектр, конфиденциальный.

Введение. Шумы в каналах связи всегда являются мешающим фактором и рассматриваются как помеха, воздействующая определенным образом на передаваемый сигнал. Поэтому, обязательное требование при проектировании любой системы связи это снижение уровня возможных помех и обеспечение заданной достоверности приема информации. Известно[1, 4], что шум порождается источниками как естественного, так и искусственного происхождения, который, в последнем случае, может создаваться преднамеренно с помощью радиосредств специального назначения с целью затруднения нормальной работы той или иной системы связи. С этой точки зрения противоречивой выглядит постановка задачи о возможности использования шумовых сигналов в современных системах связи. Однако стратегия развития противодействия средствам несанкционированного доступа (НСД) показывает целесообразность использования шумов в конфиденциальных системах связи, специально формируемых, которые, в данном случае, можно рассматривать как шумовые сигналы.

Практическое использование шумов имеет два основных направления, связанных в основном с негражданским применением, а именно, маскировка работы собственных информационных систем и создание помех работающим подобным системам вероятного противника.

Внимание к шумовым сигналам связано с проблемами, которые являются результатом интенсивного развития различных информационных технологий. Одним из видов шумового сигнала есть хаотический сигнал. За последнее десятилетие было издано большое количество научных работ, которое посвящено возможностям применения хаотических процессов и свидетельствует о сложившемся направлении в области телекоммуникаций.

Можно выделить три основных свойства хаотических сигналов [2], определивших перспективу их применения для задачи передачи информации: широкополосность, сложность и ортогональность.

Широкополосность характерна для большинства типов хаотических сигналов, так как их спектр намного превосходит спектр исходного информационного сигнала. Кроме этого хаотические сигналы непериодичны и имеют непрерывный спектр.

Свойство широкополосности хаотических сигналов позволяет достаточно эффективно решать проблемы, которые связаны с затуханием сигнала в некоторой полосе частот (фединг) или с узкополосными возмущениями, под которыми также можно понимать помехи, создаваемые станциями радиотехнического противодействия [4].

© В. В. КОРЧИНСКИЙ, 2013

С точки зрения защиты информации от НСД использование широкополосного сигнала (ШПС) позволяет достаточно эффективно решать задачи, которые связаны не только с помехоустойчивостью передаваемых сообщений, но и с обеспечением различных показателей скрытности сигнальных конструкций: энергетической, структурной и информационной.

Энергетическая скрытность ШПС реализуется за счет целенаправленного расширения спектра информационного сигнала [3], например, [методом прямой последовательности](#) (ПП) ([DSSS](#) – Direct Sequence Spread Spectrum) и уменьшения мощности излучения на передаче. Данный метод передачи дает возможность принимать сообщения при соотношении сигнал/помеха, который много меньше единицы, т.е. маскировать полезный сигнал под уровень шумов в канале. Кроме этого снижается влияние многолучевого распространения сигнала, ослабляется воздействие многих видов помех и обеспечивается электромагнитная совместимость с другими радиоэлектронными средствами.

Формируемые хаотические сигналы имеют достаточно сложную и нерегулярную структуру. Незначительное изменение начальных условий работы генератора хаоса даёт возможность создавать совершенно разные процессы, что в перспективе затрудняет определение и предсказание структуры сигнала даже за весьма длительное время своей работы. Данное свойство непредсказуемости и сложности хаотических сигналов характеризуется показателем структурной скрытности и обосновывает целесообразность их применения, как в криптографии, так и в качестве несущих сигнальных конструкций практически в любой среде передачи.

Нерегулярность хаотических сигналов сказывается на весьма быстром затухании автокорреляционной функции, поэтому разные реализации могут быть слабо коррелированными. Это свойство предопределяет перспективу применения хаотических сигналов для многопользовательских систем связи с кодовым разделением каналов.

Перечисленные свойства хаотических сигналов предопределяют целесообразность их применения в конфиденциальных системах связи и системах многопользовательского доступа.

Исследованиям свойств сложных сигналов, к числу которых относятся ШПС, принципам применения их в широкополосных телекоммуникационных системах, закономерностям поведения таких систем в каналах с комплексом помех и искажений посвящены многие научные работы [2-6]. В работе [6] предложен один из методов синтеза дискретного шумового сигнала. Однако ряд аспектов построения радиоканалов со сложными сигналами требует дальнейшего развития. Представляет интерес сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов, формируемых на основе различных законов распределения.

Цель работы. Целью данной статьи является сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов, формируемых на основе различных законов распределения методом имитационного моделирования

Сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов. При построении систем связи с ШПС необходимо учитывать ряд следующих требований [2, 3]:

- 1) сигнал должен быть широкополосным, т.е. база сигнала $B = FT \gg 1$, где T – длительности сигнала; F – ширина полосы частот сигнала;
- 2) спектральная плотность шума в полосе должна быть равномерной;
- 3) автокорреляционная функция (АКФ) должна иметь очень узкий пик и малые выбросы на интервале T ;
- 4) сигнал должен быть воспроизводим в приемном устройстве в случае корреляционного приема.

На сегодня создано большое количество методов формирования шумового сигнала, как аппаратных, так и программных, однако, отсутствует сравнительный анализ качества синтезируемых сигнальных конструкций. При «чисто» шумовом сигнале с ограниченной базой сложно обеспечивать в каждой реализации постоянство уровня боковых лепестков АКФ [4], что также вызывает затруднение в обеспечении стабильной работы передатчика в условиях, когда непрерывно меняется его мощность передачи. Поэтому, обоснованно использование заранее отобранных «хороших» реализации широкополосных сигналов, которые могут быть сформированы на основе программных генераторов шума или методом имитационного моделирования.

Рассмотрим программный генератор хаоса, реализации которого формируются в соответствии с некоторым разностным уравнением

$$x_{n+1} = f(x_0; x_n; a) \quad (1)$$

где $f(\cdot)$ – нелинейная функция отображения; a – управляющий параметр, x_0, x_n, x_{n+1} – начальное, текущее и последующее значения соответственно. Свойства дискретных генераторов хаоса определяются видом функции отображения и значениями управляющих параметров. Например, дискретные значения хаотической последовательности можно реализовать на основе логистического отображения

$$x_{n+1} = ax_n(1 - x_n), \quad (2)$$

где $a=3,9$ – управляющий параметр, x_n – начальное значение хаотической последовательности. Данный генератор является детерминированным устройством, поэтому сформированный по определенному алгоритму сигнал также является детерминированным. В таком генераторе малейшее изменение его начальных параметров приводит к существенному изменению формы генерируемого колебания, что имеет практический интерес для формирования различных траекторий хаотического процесса.

Рассмотрим математическую модель шумового сигнала, сконцентрированного в полосе $\Delta f_{\text{ш}}$, на основе синусоидального колебания, модулированного по амплитуде с некоторым заданным законом распределения. Тогда шум с полосой $\Delta f_{\text{ш}} \ll \Delta f_0$ можно представить в виде широкополосного сигнала

$$u_{\text{ш}}(t) = U_{\text{ш}}(t) \cos[2\pi f_0 t - \varphi_{\text{ш}}(t)], \quad (3)$$

где амплитуда $U_{\text{ш}}(t)$ и фаза $\varphi_{\text{ш}}(t)$ – взаимонезависимые случайные функции, медленно изменяющиеся по сравнению с $\cos 2\pi f_0 t$; f_0 – центральная частота спектра шума.

Метод формирования шумового сигнала на основе синусоидального сигнала представлен на рис. 1.

На этом рис.1 показана система прямоугольных координат с начальной точкой P_1 , которая движется против часовой стрелки с постоянной скоростью по окружности, если формируется гармоническое колебание или по кривой (точки $P_1, P_2, \dots$), тогда формируется шумовой сигнал $u_{\text{ш}}(t)$.

Методом имитационного моделирования были сформированы шумовые сигналы на основе синусоидального колебания, модулированного по амплитуде различными законами распределения: равномерным, экспоненциальным и нормальным.

Автокорреляционная функция таких сигналов определяется по формуле:

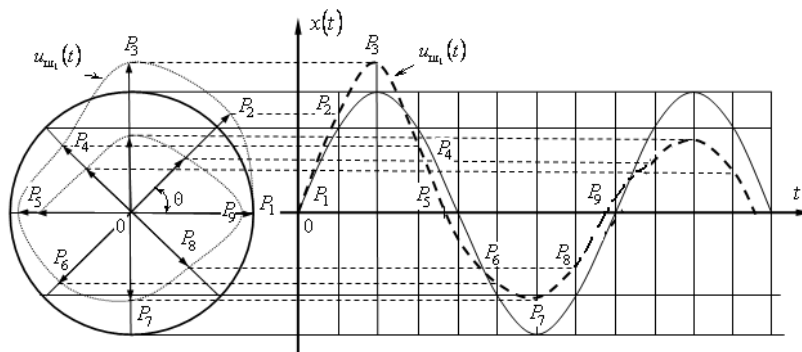


Рис. 1 - Процесс формирования хаотического сигнала $x_{\text{xc}}(t)$ на основе синусоидального колебания

$$R(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \bar{z}_n \times \bar{z}_{n+m}, \quad (4)$$

где m – временной сдвиг при единичном временном интервале; $\bar{z}_n$ – реализации сигналов $u_{\text{ш}}(t)$ и $x_{\text{xc}}(t)$. С учетом (4) определяется нормированная АКФ сигнала

$$r(m) = \frac{R(m)}{R(0)}. \quad (5)$$

Для сформированных методом имитационного моделирования реализаций сигналов с базами $B=100$ и 1000 получены графики АКФ (рис. 2-4) и определены максимальное значение боковых лепестков Z для этой функции. Для сравнения на рис. 5 приведен график нормированной АКФ для шумового сигнала $x_{\text{xc}}(t)$, сгенерированного датчиком хаотического процесса (3).

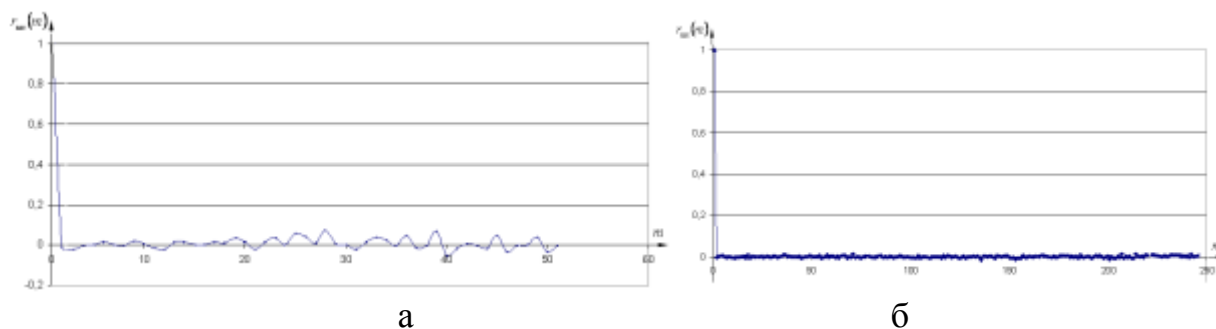


Рис. 2 - Нормированная АКФ шумового сигнала на основе изменения амплитуды $U_{\text{ш}}(t)$ по равномерному закону распределения для значений: а - $B=100$ ($Z=0,0737$); б - $B=1000$ ($Z=0,0369$)

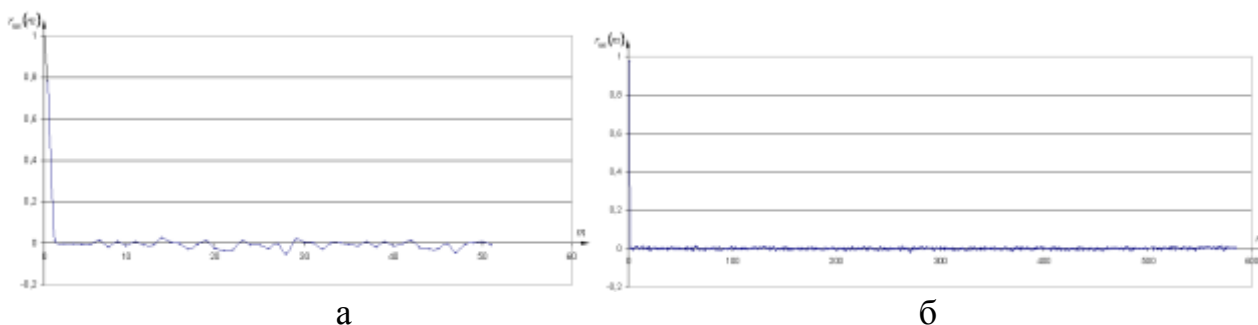


Рис. 3 - Нормированная АКФ шумового сигнала на основе изменения амплитуды $U_{ш}(t)$ по нормальному закону распределения для значений: а- $B=100$ ($Z=0,0264$); б - $B=1000$ ($Z=0,0147$)

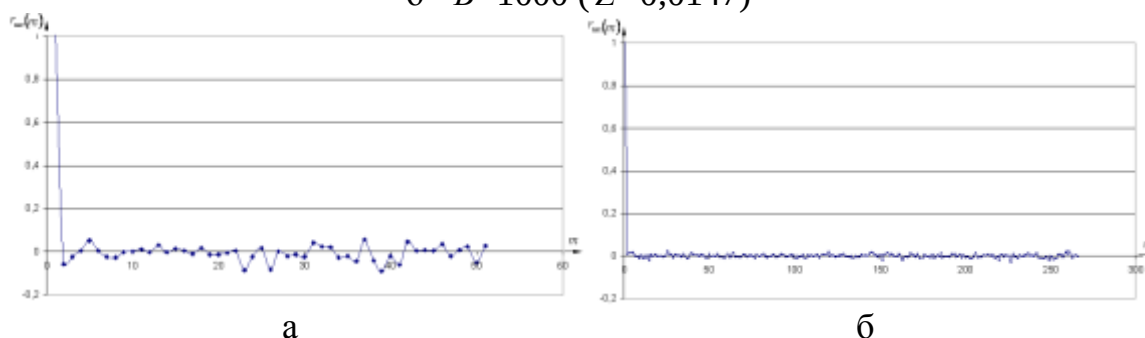


Рис. 4 - Нормированная АКФ шумового сигнала на основе изменения амплитуды $U_{ш}(t)$ по экспоненциальному закону распределения для значений: а - $B=100$ ($Z=0,0541$); б - $B=1000$ ($Z=0,0369$)

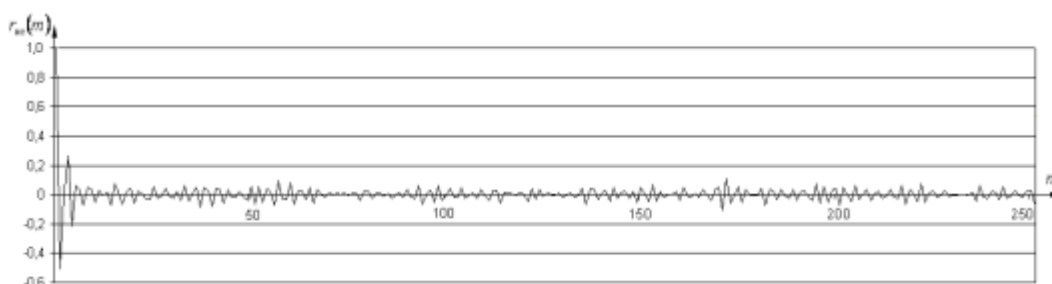


Рис. 5 - Нормированная АКФ хаотического сигнала $r_{хс}(m)$ для $B=1000$ ($Z=-0,48$)
АКФ всех сформированных сигналов является непериодической и стремится к нулю за достаточно малый промежуток времени

Минимальные значения по выбросам боковых лепестков получены для метода имитационного моделирования с нормальным законом изменения амплитуды $U_{ш}(t)$ выражения (3). Анализ АКФ и спектров практически всех исследуемых реализаций сигналов показал их принадлежность к шумовому сигналу гауссова типа.

Вывод. В статье рассмотрен метод имитационного моделирования шумовых сигналов для задачи применения их в современных конфиденциальных системах связи. Проведенный сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов на основе различных законов распределения и гармонического колебания. Показана перспектива по формированию сигнальных конструкций с заданными спектральными характеристиками.

Список литературы: 1. Шаньгин А. И. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей / А. И. Шаньгин. – М.: ИД «Форум»: ИФРА-М, 2008. – 416 с. 2. Залогин, Н. Н. Широкополосные хаотические сигналы в радиотехнических и информационных системах / Н. Н. Залогин, В. В. Кислов. – М.: Радиотехника, 2006. – 208 с. 3. Ипатов, В. П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения / В. П. Ипатов. – М.: Техносфера, 2007. – 487 с. 4. Свистов, В.М. Радиолокационные сигналы и их обработка / В.М. Свистов. М.: Сов. Радио, 1977. – 448 с. 5. Захарченко, Н. В. Многопользовательский доступ в системах передачи с хаотическими сигналами / Н. В. Захарченко, В. В. Корчинский, Б. К. Радзимовский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 5/9(53). – С. 26–29. 6. Захарченко, Н. В. Метод синтеза шумового сигнала гауссова типа на основе систем с динамическим хаосом/ Н. В. Захарченко, В. В. Корчинский, Б. К. Радзимовский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2/10(56). – С. 25–27.

Поступила в редколлегию 02.06.2013

УДК 621.391

Метод моделирования шумовых сигналов для систем передачи конфиденциальной информации/ Корчинський В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.99 - 104. – Бібліогр.: 6 назв.

Розглядаються методи імітаційного моделювання шумових сигналів для задачі застосування їх у сучасних конфіденційних системах зв'язку. Наведено порівняльний аналіз реалізацій шумових сигналів, що сформовані на основі різних законів розподілу.

Ключові слова: шумовий, хаотичний, сигнал, спектр, конфіденційний.

The methods of simulation modeling of noise signals for the problem of their application in modern confidential communications systems. A comparative analysis of the implementation of noise signals generated on the basis of the various laws of distribution..

Keywords: noisy, chaotic, the signal, spectrum, confidential.

УДК 519.8

М. С. САЗОНОВА, канд. фіз.-мат. наук, доц., НМетАУ, Дніпропетровськ

РОЗВ'ЯЗАННЯ ДЕЯКИХ НЕСКІНЧЕННОВИМІРНИХ НЕЛІНІЙНИХ ЗАДАЧ РОЗБИТТЯ МНОЖИНИ СПОЖИВАЧІВ НА СФЕРИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Розглядаються нескінченновимірні задачі розбиття множини споживачів деякої однорідної продукції, розподілених в цій області із заданою щільністю, на сфери обслуговування підприємствами, що виготовляють однорідну продукцію, із метою мінімізації нелінійного функціоналу сумарних витрат на виробництво та доставку продукції споживачу. Пропонується їх розв'язання методами, розробленими автором для нескінченновимірних нелінійних задач розташування підприємств.

Ключові слова: нескінченновимірні задачі; розбиття на сфери обслуговування; розташування підприємств; оптимальне розбиття множин.

Вступ. Нескінченновимірні задачі розбиття множини споживачів, розподілених в цій області із заданою щільністю, на сфери обслуговування підприємствами є типовими представниками широкого класу прикладних задач оптимізації з різних сфер людської діяльності (економічної, виробничої, соціальної, медичної та інших). У якості споживачів тут можуть виступати телефонні, радіо-, телеабоненти, школярі, виборці, точки зрошуваної території та інші.

Теоретичні та практичні лінійні задачі з названого класу можуть бути зведені у математичній постановці до неперервних лінійних задач оптимального розбиття множин (ОРМ) [1].

Неперервним нелінійним задачам ОРМ із фіксованими центрами підмножин присвячено ряд наукових робіт О. М. Кісельової спільно з В. В. Сусідко [2], С. А. Ус [3, 4].

Оскільки майже в усіх практичних і теоретичних задачах, що можуть бути зведені до неперервних нелінійних задач ОРМ, у найбільш загальному випадку центри підмножин є заздалегідь невідомими та підлягають знаходженню, то у дисертаційній роботі [5] автором статті було розроблено методи та алгоритми розв'язання неперервних нелінійних задач ОРМ із розташуванням центрів підмножин. У роботі [6] ці методи були застосовані для розв'язання нескінченновимірних нелінійних задач розташування підприємств.

© М. С. САЗОНОВА, 2013

Тому актуальним стало створення єдиного уніфікованого підходу до розв'язання всіх нелінійних задач ОРМ: і з розташуванням центрів підмножин, і з фіксованими центрами підмножин (як окремого випадку відповідних задач із невідомими заздалегідь центрами) і розробка відповідного єдиного програмного комплексу.

Мета роботи. Метою роботи є адаптація та застосування розроблених автором у [6] методів та алгоритмів розв'язання нескінченновимірних нелінійних задач розташування підприємств для розв'язання нескінченновимірних задач розбиття множини споживачів на сфери обслуговування підприємствами в рамках єдиного програмного комплексу NZORM [7].

Методика експериментів. Розглянемо нескінченновимірну задачу розбиття множини споживачів на сфери обслуговування підприємствами.

Задача А. Споживач деякої однорідної продукції, яку виробляють N підприємств, неперервно розподілений в області Ω з E_n .

Координати розташування підприємств $\tau_i = (\tau_i^{(1)}, \dots, \tau_i^{(n)})$, $i = 1, \dots, N$, задані заздалегідь, причому $\tau = (\tau_1, \dots, \tau_N) \in \underbrace{\Omega \times \dots \times \Omega}_N \in \Omega^N$.

Для кожного i -го підприємства, $i = 1, \dots, N$, задано

$c(x, \tau_i)$ – функцію вартості транспортування одиниці продукції з i -го підприємства до споживача $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(n)})$, де x – будь-яка точка підмножини Ω , причому $c(x, \tau_i)$ – дійсні, обмежені, визначені на $\Omega \times \Omega$ функції, вимірні по x при будь-якому фіксованому $\tau_i = (\tau_i^{(1)}, \dots, \tau_i^{(n)})$ з Ω_i для всіх $i = 1, \dots, N$; і

$\rho(x, y) \equiv 1$ – функцію попиту на продукцію для кожного пункту споживання x області Ω .

Функції $\varphi_i(Y_i)$, $i = 1, \dots, N$, описують залежність вартості виробництва продукції на i -ому підприємстві від його потужності Y_i , $i = 1, \dots, N$, і є дійсними, обмеженими, опуклими, двічі неперервно-диференційовними функціями свого аргументу, що визначається сумарним попитом споживачів, що належать Ω_i :
 $Y_i(\cdot) = \int_{\Omega_i} \rho(x) dx$, $i = 1, \dots, N$, Тут і надалі інтеграли розуміються в сенсі Лебега і

будемо вважати, що міра множини граничних точок Ω_i , $i = 1, \dots, N$, дорівнює нулю.

Потрібно розбити множину споживачів Ω на зони Ω_i , $i=1,...,N$, обслуговування їх N підприємствами, що не перетинаються, тобто на зони обслуговування споживачів i -м пунктом виробництва:

$$\bigcup_{i=1}^N \Omega_i = \Omega, \text{mes}(\Omega_i \cap \Omega_j)_{i \neq j} = 0, \quad i, j = 1, ..., N,$$

де $\text{mes}(\cdot)$ – міра Лебега, щоб мінімізувати нелінійний функціонал сумарних витрат на виробництво продукції та доставку її до споживача:

$$F((\Omega_1, ..., \Omega_N), (\tau_1, ..., \tau_N)) = \sum_{i=1}^N \left[\varphi_i \left(\int_{\Omega_i} \rho(x) dx \right) + \int_{\Omega_i} c(x, \tau_i) \rho(x) dx \right], \quad (1)$$

за умов, що потужності підприємств з номерами $i=1,...,p$ строго дорівнюють заданим об'ємам b_i , $i=1,...,p$:

$$\int_{\Omega_i} \rho(x) dx = b_i, \quad i=1,...,p, \quad (2)$$

а з номерами $i=p+1,...,N$ не повинні перевищувати заданих об'ємів b_i , $i=p+1,...,N$:

$$0 \leq \int_{\Omega_i} \rho(x) dx \leq b_i, \quad i=p+1,...,N. \quad (3)$$

У дисертаційній роботі [5] встановлено, що задача А є окремим, більш простим випадком неперервних нелінійних задач ОРМ із розташуванням центрів, коли центри підмножин не потрібно шукати, а вони вже відомі заздалегідь, тобто постійні і не перераховуються під час оптимізації цільового функціоналу. Тобто спрощення у постановках полягає у відсутності мінімізації функціоналу цілі (1) по τ . Але через задання наперед відомого псевдоградієнта по i вектору узагальненого псевдоградієнта функціоналу двоїстої задачі (до якої можна звести вихідну задачу) тотожно рівним нулю можна домогтися того, що методи та алгоритми, розроблені у [5, 6] для нескінченновимірних нелінійних задач розташування підприємств можуть бути застосовані і у випадку розв'язання нескінченновимірних задач розбиття множини споживачів на сфери обслуговування підприємствами в рамках єдиного програмного комплексу NZORM [7].

Алгоритми з [5, 6] застосовано і протестовано на модельних нескінченновимірних задачах розбиття множини споживачів на сфери обслуговування підприємствами.

Модельна задача 1. Споживач деякої однорідної продукції, яку виробляють три підприємства, неперервно розподілений в області

$$\Omega = \{(x, y) : 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1\}. \quad (4)$$

Координати розташування підприємств $\tau_i = (\tau_i^{(1)}, \tau_i^{(2)})$, $i=1,2,3$, відомі заздалегідь: $\tau_1 = (0.4; 0.4)$, $\tau_2 = (0.6; 0.7)$, $\tau_3 = (0.8; 0.4)$. Для кожного i -го підприємства, $i=1,2,3$, задано функцію $c(x, y, \tau_i) = \sqrt{(x - \tau_i^{(1)})^2 + (y - \tau_i^{(2)})^2}$ вартості транспортування одиниці продукції з i -го підприємства до споживача (x, y) і попиту $\rho(x, y) \equiv 1$ на продукцію для кожного пункту споживання (x, y) області Ω . Функції $\varphi_i(Y_i) = \frac{1}{5} Y_i^3$, $i=1,2,3$, описують залежність вартості виробництва продукції на i -ому

підприємстві від його потужності Y_i , $i=1,2,3$, що визначається сумарним попитом споживачів, що належать Ω_i : $Y_i = \iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy$, $i=1,2,3$.

Потрібно розбити множину споживачів Ω на зони Ω_i , $i=1,2,3$, обслуговування їх трьома підприємствами, що не перетинаються, тобто на зони обслуговування споживачів i -м пунктом виробництва:

$$\bigcup_{i=1}^3 \Omega_i = \Omega, \text{ mes}(\Omega_i \cap \Omega_k)_{i \neq k} = 0, \quad i=1,2,3,$$

щоб мінімізувати функціонал сумарних витрат на виробництво продукції та її доставку до споживача:

$$F(\{\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3\}, \{\tau_1, \tau_2, \tau_3\}) = \sum_{i=1}^3 \left[\varphi_i \left(\iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy \right) + \iint_{\Omega_i} c(x, \tau_i) \rho(x, y) dx dy \right],$$

за умов, що потужності i -тих підприємств, $i=1,2,3$, для першого та другого підприємств не повинні перевищувати заданих об'ємів:

$$0 \leq \iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy \leq b_i, \quad i=1,2, \quad b_1 = 0.8, \quad b_2 = 0.5,$$

а для третього підприємства повинна строго дорівнювати 0.45, тобто

$$\iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy = b_i, \quad i=3, \quad b_3 = 0.45.$$

Для розв'язання задачі за допомогою алгоритму з [5,6] і розробленого в [7] програмного комплексу NZORM область Ω з (4), поміщали у прямокутник Π , що покривався прямокутною сіткою з вузлами (i, j) , $i, j=1, \dots, 61$. Умовою припинення рахунку було виконання нерівності

$$\left\| (Y^{(k)}, \tau^{(k)}, \Psi^{(k)}) - (Y^{(k+1)}, \tau^{(k+1)}, \Psi^{(k+1)}) \right\| \leq \varepsilon, \quad \varepsilon > 0, \quad (5)$$

де k – номер ітерації алгоритму з [5, 6] – точність обчислень r -алгоритмом Шора.

За 265 ітерацій отримано наступні результати:

- оптимальне розбиття множини для модельної задачі 1 (рис.1);
- оптимальні потужності кожного з підприємств:

$$Y_1^* = 0.30379; \quad Y_2^* = 0.246014; \quad Y_3^* = 0.449411;$$

- мінімальне значення прямого функціонала: $F_* \approx 0.31284$;

- максимальне значення функціонала двоїстої задачі: $G^* \approx 0.312802$.

Модельна задача 2. Вихідні дані ті ж, що й для модельної задачі 1, за виключенням області Ω :

$$\Omega = \{(x, y) : (x - 0.5)^2 + (y - 0.5)^2 \leq 0.25\}.$$

Для розв'язання задачі за допомогою алгоритму з [5, 6] область Ω поміщали в квадрат Π , що покривався прямокутною сіткою з вузлами

$$(i, j), \quad i, j = 1, \dots, 101.$$

Умовою припинення рахунку було виконання нерівності (5), де $\varepsilon = 10^{-6}$ –

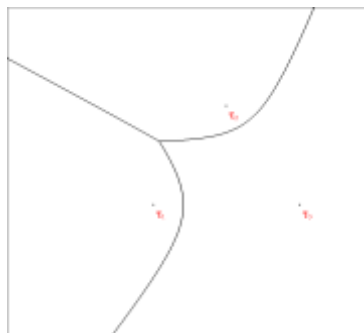


Рис. 1 - Оптимальне розбиття множини

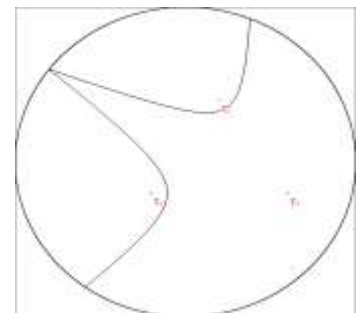


Рис. 2 - Оптимальне розбиття множини споживачів для модельної

точність обчислень r -
алгоритмом Шора. За 153
ітерації отримано:

споживачів для модельної
задачі 1

задачі 2

оптимальне розбиття множини для модельної задачі 2 (рис.2); оптимальні потужності кожного з підприємств:

$$Y_1^* = 0.193262; Y_2^* = 0.140242; Y_3^* = 0.449665;$$

– мінімальне значення прямого функціонала: $F_* \approx 0.239463$;

– максимальне значення функціонала двоїстої задачі: $G^* \approx 0.239326$.

Обговорення результатів. Як видно з результатів розв’язання модельних задач 1, 2: суми оптимальних потужностей підприємств у кожній із задач дорівнюють сумарній потужності, що чисельно дорівнює площі області Ω : $S=1 \times 1=1$ – у модельній задачі 1; $S=\pi \times 0.5^2$ – у модельній задачі 2; оптимальні потужності підприємств із номерами 1, 2 не перевищують заданих об’ємів b_i , $i=1,2$, тобто виконані обмеження у формі нерівностей; оптимальна потужність підприємства з номером 3 наближено дорівнює заданому об’єму $b_3 \approx 0.45$, тобто виконано обмеження у формі рівності; значення прямого (цільового) та двоїстого функціоналів модельних задач наближено однакові.

Проводячи порівняльний аналіз результатів розв’язання нескінченновимірних задач 1,2 із відповідними результатами розв’язання модельних задач розташування підприємств з [6], можна зробити висновок, що оптимальне значення цільового функціоналу прямої задачі при оптимальному розташуванні підприємств з [6] менше, що природно, ніж у випадку, коли координати підприємств фіксовані.

Висновки. Отримані результати свідчать про правильність розв’язання названих модельних задач і тому про можливість застосування комплексу NZORM з [7] як для розв’язання нескінченновимірних задач розташування підприємств, так і для нескінченновимірних задач розбиття множини споживачів на сфери обслуговування підприємствами.

Список літератури: 1. Киселёва, Е. М. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы, приложения [Текст]: Монография / Е. М. Киселёва, Н. З. Шор. — К.: Наукова думка, 2005. — 564 с. 2. Киселёва, Е. М. Нелинейная задача оптимального разбиения с ограничениями [Текст] / Е. М. Киселёва, В. В. Сусидко, С. А. Ус // Методы решения математической физики и обработки данных. — Днепропетровск : ДГУ, 1990. — С. 28—31. 3. Киселёва, Е. М. Об одной нелинейной модели определения зон обслуживания [Текст] / Е. М. Киселёва, С. А. Ус // Математичне моделювання. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 1998. — № 3. — С. 3—6. 4. Ус, С. А. Решение одного класса бесконечномерных задач [Текст]: дисс. ... канд. физ.-мат. наук / С. А. Ус. — Х., 1992. — 161 с. 5. Дунайчук, М. С. Методы та алгоритми розв’язання неперервних нелінійних задач оптимального розбиття множин [Текст]: дис. ... кандидата фіз.-мат. наук / М. С. Дунайчук. — Д., 2008. — 170 с. 6. Сазонова, М. С. Решение некоторых бесконечномерных задач размещения предприятий. [Текст] / М. С. Сазонова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 3(63). — С. 40—45. 7. Дунайчук, М. С. Система NZORM для розв’язання неперервної нелінійної задачі оптимального розбиття множин [Текст] / М. С. Дунайчук // Питання прикладної математики і математичного моделювання : збірник наукових праць. — Дніпропетровськ : ДНУ, 2006. — С. 49—61.

Надійшла до редколегії 03.06.2013

УДК 519.8

Розв’язання деяких нескінченновимірних нелінійних задач розбиття множини споживачів на сфери обслуговування підприємствами / Сазонова М. С. // Вісник НТУ «ХП».

Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.104-109. – Бібліогр.: 7 назв.

Рассматриваются бесконечномерные задачи разбиения множества потребителей некоторой однородной продукции, распределённых в этой области с заданной плотностью, на сферы обслуживания предприятиями, изготавливающими однородную продукцию, с целью минимизации нелинейного функционала суммарных затрат на производство и доставку продукции потребителю. Предлагается их решение методами, разработанными автором для бесконечномерных нелинейных задач размещения предприятий. назв.

Ключевые слова: бесконечномерные задачи; разбиение на сферы обслуживания; размещение предприятий; оптимальное разбиения множеств.

Some infinite-dimensional nonlinear problems of partition of the set of a homogeneous product consumers, which are distributed in this area a given density, into the enterprises service sector of companies that make similar goods, in order to minimize non-linear functional of the total costs of production and delivery of products to the consumer. Some methods, developed by the author for the infinite-dimensional nonlinear problems of facility location, are applied for their solution.

Keywords: infinite-dimensional problems, consumers partition into the service sector, enterprises arrangement, optimal set partition.

УДК 656.611.2:06.051

Ю. Е. ПРИХНО, аспирант, Одесский национальный морской университет

МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИПРОЕКТА РАЗВИТИЯ СУДОХОДНОЙ КОМПАНИИ

Подробно описаны стратегии, согласно стадиям жизненного цикла компании. Обозначена сложность определения стадии жизненного цикла. Показана эффективность разложения пройденного компанией пути на кривой жизненного цикла организации. Обоснована необходимость алгоритмизации мультипроекта развития судоходной компанией.

Ключевые слова: стратегия судоходной компании, мультипроект развития, алгоритм реализации мультипроекта развития судоходной компании

Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими заданиями.

В настоящее время, успешная деятельность любой судоходной компании, а тем более ее развитие, невозможны без хорошо продуманной стратегии. Чтобы эффективно реализовать поставленные цели, необходимо определить реализация каких именно проектов обеспечит перспективное развитие судоходной компании, и сконцентрировать на них ее усилия.

Обобщение, анализ и систематизация мировой теории и практики успешного управления судоходными компаниями должны способствовать скорейшему переходу украинских компаний на новые проектно-ориентированные методы управления, что, несомненно, приведет к повышению экономического потенциала страны в целом.

Реализация стратегии проектно-ориентированной деятельности предприятий происходит через комплексные программы или мультипроекты, что обуславливает необходимость применения мультипроектного управления и четкого понимания стадии жизненного цикла компании.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблеме создания методологии развития организаций, с учетом жизненного цикла посвящены научные разработки многих отечественных и зарубежных ученых. Среди них особую ценность для развития компаний через проекты представляют исследования Бушуева С.Д. [1-5] и Бушуевой Н.С [6,7]. Данные исследования посвящены

разработке научно-теоретической и научно-практической платформы для применения методологии управления проектами для развития предприятий.

В [1] авторами выделяются основные критерии, по которым определяется стадия жизненного цикла организация. Однако, в данных исследованиях не учитывается продолжительность прохождения организациями каждой стадии, соотнесение стадии развития со стратегией организации и специфика отрасли.

В [8] рассмотрены стратегии в соответствии со стадиями жизненного цикла судоходной компании, однако весь пройденный компанией путь не разложен на кривой жизненного цикла организаций.

В [9] рассматриваются стадии жизненного цикла транспортной услуги, однако не представлены точки бифуркации и стратегии развития в соответствии с каждой

© Ю. Е. ПРИХНО, 2013

стадией развития.

Цель работы: повышение эффективности функционирования судоходной компании за счет реализации мультипроекта развития.

Для формирования структуры мультипроекта развития судоходной компании необходимо четко представлять, какие именно проекты развития предстоит реализовать для перехода между секторами концептуальной модели стратегий.

Таким образом, принимая во внимания специфику отрасли, возможным представляется реализовать мультипроект развития судоходной компании, переходя от видения развития к реальности, учитывая политические, социальные изменения и изменения конъюнктуры мирового фрахтового рынка.

Переход от видения к реальности является сложным процессом, который требует подробной алгоритмизации, и может быть описан с помощью методов, которые используются в процессе его реализации.

Представив последовательность действий в виде алгоритма, который бы позволил выявить и учесть внешние и внутренние факторы, положительно или отрицательно влияющие на развитие судоходной компании, определить миссию судоходной компании, направления ее развития и стратегические цели, мы получим руководство по реализации мультипроекта развития судоходной компании (рис.1).

различные партнерские отношения, могли меняться принципы взаимоотношений с клиентами, корпоративная культура и т.д. Тем не менее, важно попытаться разделить весь пройденный компанией путь на несколько этапов, периодов и разложить их отдельно на кривой жизненного цикла организации.

Очевидно, что концепция жизненного цикла помогает выделить точки

бифуркации в соответствии с динамикой развития судоходной компании во времени. Различные стадии жизненного цикла предъявляют различные требования к стратегии компании, а правильно выбранная стратегия с учетом ограничений, накладываемых стадией жизненного цикла, дает возможность продлить стадию зрелости и избежать финансово-экономического паралича (рис. 3).



Рис. 3 - Стратегии судоходной компании, согласно стадиям жизненного цикла

На стадии зрелости происходит падение объемов перевозок, так как транспортная услуга воспринята всеми потенциальными потребителями. По этой причине судоходная компания должна стремиться к внедрению инновационных транспортных технологий, которые существенно будут отличать услугу данной компании от услуг конкурентов и, параллельно с этим, стремиться к выходу на новые сегменты мирового фрахтового рынка. А это значит, что применение стратегии «Трансформация» неизбежно, так как именно данная стратегия позволяет нам выходить на новые фрахтовые рынки с новой услугой.

На втором этапе алгоритма определяются возможные направления стратегического развития судоходной компании в рамках морского кластера, формулируется стратегия. Исходным пунктом для этого является анализ деятельности судоходной компании, который необходим для определения стратегических целей и задач развития.

После определения направления развития и показателей, по которым будет проводиться контроль, следует третий этап - целеполагания.

После формирования стратегических целей и задач следует четвертый этап – инвентаризация проектов их первичный отбор. На данном этапе необходимо рассмотреть все возможные альтернативы по проектам развития судоходной компании. На этом этапе также проводится первичный отбор по проектам развития, которые могут быть представлены как система переходов (рис.4).

На пятом этапе для вариантов проекта, которые по результатам предварительного анализа достойны дальнейшего рассмотрения, следует определить сведения, необходимые для его подробной разработки и включить эффективные проекты в мультипроект развития судоходной компании.



Рис. 4 - Проект развития судоходной компании как система переходов

На рис. 5 представлен пример мультипроекта развития судоходной компании с использованием FPSO (FLOATING PRODUCTION, STORAGE, AND OFFLOADING VESSEL). FPSO – плавучая система нефтедобычи, хранения и выгрузки, которая кроме возможности хранить и разгружать нефть включает в себя оборудование для получения сырой нефти из добывающих скважин и обработки ее для экспорта, разделения воды и газа. В современных условиях работа по добыче природного газа в Украине является крайне актуальной.

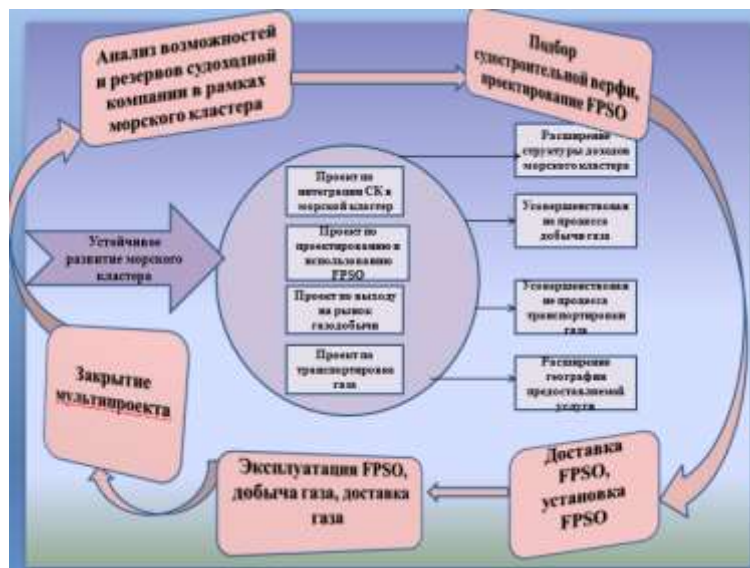


Рис. 5 - Пример системной модели мультипроекта с использованием FPSO

Эти взаимосвязи определяются в следующих областях:

1. Ресурсные ограничения (проекты в рамках мультипроекта развития конкурируют за ограниченные финансовые, материальные и человеческие ресурсы компании);
2. На уровне целей (часть проектов участвует в достижении стратегических целей компании);
3. На уровне организации (проекты являются неотъемлемой частью компании и выполняются в единой корпоративной среде).

Таким образом, все проекты в организации являются взаимосвязанными элементами.

На шестом этапе целесообразно использовать календарно-сетевое планирование и управление, использующее методы теории графов для построения и оптимизации сетевого графика проекта и распределения ресурсов (рис. 6).

На седьмом этапе происходит оценка эффективности мультипроекта. Для оценки экономической эффективности проектов используются различные виды показателей, однако, наиболее популярной является следующая триада: внутренняя норма прибыльности и срок окупаемости, в качестве основных и чистая современная

стоимость, как дополнительный показатель. Таким образом, на современном этапе формирование стратегии является неотъемлемой частью развития любой судоходной компании. В условиях жесткой конкуренции и меняющейся

окружающей среды руководство компаний должно концентрировать внимание не только на текущих проблемах, но и заниматься выработкой стратегической линии поведения, способной обеспечить длительную жизнеспособность предприятия и его адаптацию к происходящим изменениям. Без проектов

развития не представляется возможной реализация успешной стратегии проектно-управляемой компании. Именно это обуславливает необходимость алгоритмизации мультипроекта развития судоходной компанией.



Рис. 6 - Модель распределения ресурсов и календарного планирования

Список литературы: 1. Бушуев, С. Д. Креативные технологии управления проектами и программами [Текст] / С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева, И. А. Бабаев, В. Б. Яковенко, Е. В. Гриша, С. В. Дзюба, А. С. Войтенко – К.: Саммит-Книга, 2010. – 768 С. 2. Бушуев, С. Д. Інноваційні механізми управління програмами розвитку морських торговельних кластерів [Текст] / С. Д. Бушуев, Б. Ю. Козирь // Управління розвитком складних систем. – 2011.-№ 7. - С. 5-8. 3. Ярошенко, Ф. А. Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний Р2М [Текст] / Ф. А. Ярошенко, С. Д. Бушуев, Х. Танака – К.: Саммит-Книга, 2011.- 263 С. 4. Бушуев, С. Д. Управление проектами развития от видения к реальности [Текст] / С. Д. Бушуев // II міжнар. конф. “Управління проектами у розвитку суспільства”. —2005. — С. 15 — 18. 5. Бушуев, С. Д. Управление проектами. Основы профессиональных знаний и система оценки компетенции проектных менеджеров (National Competence Baseline, NCB UA Version 3.1) [Текст] / С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева - К.: ІРІДУМ, 2010. – 208 С. 6. Бушуева, Н. С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития [Текст] / Н. С. Бушуева – К.: Наук. світ, 2007. - 200 С. 7. Бушуева, Н. С. Управління проектами та програмами організаційного розвитку [Текст] / Н. С. Бушуева, Ю. Ф. Ярошенко, Р. Ф. Ярошенко – К.: Саммит-книга, 2010. – 200 С. 8. Ковтун, Т. А. Система моделей поддержки процесса инициализации проекта предоставления транспортной услуги [Текст] / Т. А. Ковтун – Одеса: Феникс, 2008. – 220 С. 9. Семенчук, Е. Л. Проекты развития предприятия [Текст] / Е. Л. Семенчук // Вісник Одеського національного морського університету. – 2011. – № 31. - С. 161-169. 10. Павловская Л. А. Современные тенденции в проектной деятельности судоходных компаний [Текст] / Л. А. Павловская, Ю. Е. Прихно // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. - №1/7 (49). - С. 19-21

Поступила в редколлегию 02.06.2013

УДК 656.611.2:06.051

Методика реализации мультипроекта развития судоходной компании / Прихно Ю. Е. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 38 (1011). – С.109-114. – Бібліогр.: 10 назв.

Детально описані стратегії, згідно із стадіями життєвого циклу компанії. Позначена складність визначення стадії життєвого циклу. Показана ефективність розкладання пройденого компанією путі на кривій життєвого циклу організації. Обґрунтовано необхідність алгоритмізації мультипроекту розвитку судноплавної компанії.

Ключові слова: стратегія судноплавної компанії, мультипроекта розвитку, алгоритм реалізації мультипроекта розвитку судноплавної компанії

Strategy of the shipping company according to the stages of the life cycle is discussed in details. Complexity in determining of the life cycle stage of the shipping company is determined. The efficiency of the analysis of path elapsed by the company on the curve of life-cycle is showed. The necessity of algorithmization of multiproject development of shipping companies is grounded.

Keywords: Strategy of the shipping company, multiproject development, implementation of the algorithm of multiproject development of the shipping company

УДК 331.548

О. П. ШАРОВАТОВА, канд. пед. наук, доц., Національний університет цивільного захисту України, Харків

ПРОФЕСІЙНА ОРІЄНТАЦІЯ, У ТОМУ ЧИСЛІ ОСІБ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ, ЯК ПРОВІДНИЙ ФАКТОР ФОРМУВАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРЕСИВНИХ ФАХІВЦІВ

Розкриті проблемні питання професійної орієнтації, у тому числі осіб з особливими потребами, як провідного фактора у формуванні висококваліфікованих фахівців в умовах вітчизняного сьогодення відповідно до нових соціальних умов.

Ключові слова: сучасні фахівці, особи з особливими потребами, абітурієнти, професійна орієнтація

Вступ. В умовах сьогодення у вітчизняному суспільстві дедалі більше утворюється значна частина людей, які не працевлаштувались після закінчення загальноосвітніх та вищих навчальних закладів. Вищі навчальні заклади готують фахівців, які не можуть сьогодні знайти собі роботу і переходять у ранг безробітних. Така ситуація призводить до неефективного витрачання як бюджетних, так і приватних коштів, які спрямовувалися на підготовку непотрібних фахівців, а з іншого боку – роботодавці недоотримують потрібних висококваліфікованих фахівців.

© О. П. ШАРОВАТОВА, 2013

Сьогодні доводиться констатувати, що спеціалістів з вищою освітою дедалі більше, а кваліфікованих кадрів бракує. Випускники шкіл, керуючись сучасними тенденціями та стереотипами, вступають до вищих навчальних закладів на так звані «престижні» спеціальності, а згодом не можуть знайти роботу за ними. При цьому в країні загострюється потреба у працівниках за іншими напрямками. Тобто посилюється ситуація дисбалансу між попитом на освіту та її пропозицією - випускники вищих навчальних закладів не можуть працевлаштуватися, що збільшує рівень безробіття, або працюють не за спеціальністю. Відтак, абітурієнти повинні відповідально ставитись до вибору майбутньої професії [1].

Поряд із цим тенденція до збільшення чисельності у вітчизняному суспільстві частки людей з функціональними обмеженнями актуалізує необхідність вирішення проблеми їх адаптації до умов життя, зокрема шляхом абілітації та професійної реабілітації.

Абілітація - комплекс дій, спрямованих на формування нових і мобілізацію наявних ресурсів і можливостей соціального, психічного та фізичного розвитку інваліда. Професійна реабілітація – це система заходів, спрямованих на відновлення

працездатності осіб з обмеженими фізичними можливостями за певним професійно-кваліфікаційним рівнем в прийнятних для здоров'я умовах праці для досягнення матеріальної незалежності і самозабезпечення, відновлення соціального статусу, а також для становлення активної життєвої позиції у сім'ї та у суспільстві [2].

Сприяння адаптації, працевлаштуванню та набуттю соціальної компетентності виступає однією з важливих складових державної політики зайнятості та реабілітації осіб, що мають особливі потреби.

Успішність професійного навчання осіб з особливими потребами може бути досягнута через реалізацію певних умов, серед яких точно визначення потреб інвалідів у медичній, соціальній та професійній реабілітації; розробка спеціальних методик психологічної, медичної та професійної реабілітації; індивідуальний підхід; диференціація рівнів професійної підготовки.

Вибір професії впливає на подальше життя, можливість самореалізації та задоволення, яке людина отримуватиме чи не отримуватиме від своєї роботи. А оскільки дорослі люди більшу частину життя проводять саме на роботі, то важливістю її визначення із самого початку неможна нехтувати.

Мета статті. Метою статті є розкриття проблемних питань професійної орієнтації, у тому числі осіб з особливими потребами, як провідного фактора у формуванні висококваліфікованих фахівців в умовах вітчизняного сьогодення відповідно до нових соціальних умов як з позицій актуальності необхідних професій, так і з позицій соціальної інтеграції осіб з особливими потребами.

Виклад основного матеріалу. Вибір професії - один з головних життєвих виборів, здійснений людиною в юному віці, оскільки обираючи професію, вона обирає і спосіб життя. Стадія вибору повинна завершитися оформленням реалістичного і досить чіткого уявлення про ту професійну спільноту, в яку зростаюча людина в майбутньому включити себе.

В умовах незалежної України серед молоді вже склався певний поділ спеціальностей на «престижні», «не престижні» та ті, які абітурієнти обирають під впливом батьків. Найчастіше до тих, що є престижними, відносять такі, як юрист, економіст, журналіст, IT-спеціаліст, дизайнер тощо.

Сьогодні доводиться констатувати, що на вибір абітурієнтів зовнішні фактори впливають більшою мірою, ніж власні здібності, а тим більше ніж потреби ринку праці. Часто така ситуація спостерігається тоді, коли молода людина, особливо та, яка має особливі потреби, не дуже добре знає свої суб'єктивно виражені здібності і їй доводиться опиратись на інші показники, а саме: на рівень заробітної плати, яку отримують люди певної професії, імідж установи та/або безпосередньо престижність професії, не кажучи вже про вплив батьків, вчителів та друзів. Саме тому в сучасних умовах дедалі більшого значення набуває популяризація дефіцитних професій, а також проведення профорієнтаційних робіт з потенційними абітурієнтами.

Поряд із цим слід зауважити, що, хоча освіту та професійну підготовку вважають визначальними чинниками у забезпеченні зайнятості молоді, однак на вітчизняному ринку праці проявляються й інші тенденції. З одного боку, молоді зазвичай притаманний вищий освітній рівень порівняно зі старшим поколінням (проте, нині почастишали випадки, коли на ринку праці з'являються молоді люди, які не мають не лише професійної, а й закінченої середньої освіти), а з іншого - високий рівень освіти молоді не завжди є запорукою вдалого працевлаштування.

Сучасна вітчизняна вища школа має підготувати молоде покоління, яке б

задовольняло виклики сьогодення відповідно до нових соціальних умов як з позицій актуальності необхідних професій, так і з позицій соціальної інтеграції осіб з особливими потребами.

Аналізуючи ж потреби молодого покоління українців у подальшому навчанні, доводиться констатувати велику кількість випадкових рішень щодо вибору майбутнього фаху. Про це свідчить широка практика подання абітурієнтами одночасно кількох заяв на вступ до різних навчальних закладів і на кардинально різні спеціальності. Це свідчить про невизначеність вибору та розрахунок на те, що до якогось вищого навчального закладу просто пощастить вступити.

На жаль, реалії сьогодення доводять, що нині деяким студентам притаманне не прагнення знань, а бажання відповідати сучасним вимогам до «атрибутів» молодої людини, яка починає своє життя у «дорослому» суспільстві. Значній частині молоді властивий певний інфантилізм, а також орієнтація не на здобуття конкретної спеціальності, робота за якою надалі має задовольнити матеріальні та духовні потреби особистості, а лише на формальне отримання диплома про вищу освіту.

Результати досліджень також доводять, що більшість потенційних студентів – осіб з особливими потребами - перебувають на досить низькому рівні свідомості обрання професії і лише незначна кількість респондентів обирають майбутню професію свідомо. Індивідуальні консультації дозволяють встановити, що більшість студентів зацікавлені в майбутній професії, але погано уявляють можливість власної майбутньої реалізації в ній. Свідомість обрання фаху передбачає планування особистістю власного життєвого сценарію, знання про шляхи творчого підходу до професійної реалізації і т.п.

Реалії ж сьогодення до молодих спеціалістів у сучасних умовах ринку висувають такі вимоги, серед яких: високий рівень теоретичної підготовки, сформований рівень соціальної зрілості, висока професійна ефективність у ситуаціях невизначеності, швидка адаптація до умов робочого середовища, що постійно змінюється, готовність до початку власної кар'єри в компанії з відносно низької посадової ланки [1]. Інформаційне суспільство невпинно продукує нові вимоги до кількості й якості робочої сили, однак це не завжди корелюється з реальним станом освітянських справ.

У даному контексті важливо зазначити, що у сучасних умовах на українському ринку праці затребувані представники технічних професій середньої та нижчої ланки і технічних спеціальностей взагалі, однак відповідний профіль навчання слабо популяризується і залишається недостатньо привабливим для молоді, оскільки не тільки потребує більш тривалого й складного навчання, а й не відповідає сучасним уявленням про престиж роботи й комфортні умови життя [3]. Найбільша потреба вітчизняного ринку праці – кваліфіковані робітники з інструментом. Але ці професії не дуже привабливі та популярні серед молоді через невисокий рівень заробітної плати, несвоєчасність її виплати, не прості умови праці, що стають причиною не тільки звільнення працівників, а й неможливості заповнення вакансій у майбутньому [1].

Відтак, для розв'язання окреслених проблем потрібно на державному рівні розробити дієві заходи, які активізували б співпрацю потенційних роботодавців із навчальними закладами. Вочевидь, це сприятиме підготовці фахівців для різних видів трудової діяльності відповідно до потреб ринку і стримуватиме продукування чергового поповнення армії безробітних. Важливо, щоб суспільство змінило

ставлення до моди на деякі професії - юристів, економістів, дипломатів, політологів, яких стає дедалі важче працевлаштувати. Виявляється, що не тільки молоді люди даремно витратили стільки часу й зусиль, бо опанована професія не має попиту на ринку праці, а й держава марно витрачала кошти на навчання таких спеціалістів. Постає необхідність зобов'язання навчальних закладів забезпечувати випускникам перше робоче місце, але не декларативно, як це трапляється сьогодні, та встановлення на підприємствах квоти для молоді. Крім того, доцільним є повернення до практики зарахування років навчання випускникам вищих навчальних закладів як трудового стажу з відповідними записами у трудовій книжці, адже у зв'язку з пенсійною реформою вік виходу на заслужений відпочинок збільшено, що не сприяє омолодженню кадрів та призводить до зростання безробіття у молодіжному середовищі.

Отже, існуюча у системі української освіти ситуація викликає велике занепокоєння, оскільки якість підготовки фахівців не дає змоги виконати замовлення сучасного суспільства у забезпеченні ринку праці прогресивними фахівцями [3]. Тому гострої актуальності набуває питання правильної професійної орієнтації, яка виступає етапом психологічної та практичної підготовки особистості, тим більше тієї, яка має особливі потреби, до трудової діяльності.

Професійна орієнтація – це система навчально-виховної роботи, спрямованої на засвоєння абітурієнтами знань про соціально-економічні й психофізіологічні умови правильного вибору професії, формування в них умінь аналізувати вимоги різних професій до психологічної структури особистості, а також свої професійно значущі якості, шляхи й засоби їх розвитку.

Завдання профорієнтації полягає в ознайомленні абітурієнтів з професіями та правилами їх вибору, вихованні спрямованості на самопізнання як основу професійного самовизначення; формування вміння зіставляти свої здібності з вимогами щодо набуття конкретної професії, складати на цій основі реальний план оволодіння професією, а також забезпечення розвитку професійно важливих якостей особистості.

Компонентами профорієнтаційної роботи є професійна інформація, професійна діагностика, професійна консультація, професійний відбір, професійна адаптація.

Профорієнтаційну роботу здійснюють шкільні учителі всіх навчальних предметів, класні керівники, інші педагогічні працівники, фахівці різних галузей виробництва. Важливу роль у професійній орієнтації школярів відіграють факультативні курси. Багато їх орієнтує старшокласників на конкретну професію і дає їм певний обсяг знань, умінь і навичок з цієї професії. Серед форм профорієнтаційної роботи найефективнішими є екскурсії, зустрічі з фахівцями, колишніми випускниками, вечори, диспути, конференції, класні години, заняття в гуртках, у тому числі в умовах спеціальної та інклюзивної освіти.

Професійна інформація – це психолого-педагогічна система формування в особистості активної профорієнтаційної позиції, що відповідає суб'єктивним і об'єктивним умовам вільного та свідомого професійного самовизначення особистості. Вона дає майбутнім абітурієнтам змогу ознайомитися з різними професіями, з пов'язаним із ними змістом трудової діяльності, з вимогами, які ці професії пред'являють людині, а також з тим, де ними можна оволодіти. Завдяки цьому потенційні абітурієнти, у тому числі з особливими потребами, намагаються аналізувати свої індивідуальні схильності, психофізіологічні можливості, вміння

зіставити їх з вимогами обговорюваних професій, до яких вони (не)мають інтерес і нахили, щоб прийняти правильне рішення про свою придатність до професійної діяльності в обраній галузі праці.

Професійна консультація - надання особистості на основі її вивчення науково обґрунтованої допомоги щодо найоптимальніших для неї напрямів і засобів професійного самовизначення. Вона має на меті й навчання майбутніх абітурієнтів прийомам самооцінки своїх якостей з метою з'ясування їх відповідності вимогам професії.

Роз'яснювальна робота серед молодих людей, які повинні усвідомлювати необхідність роботи над собою задля подолання певних недоліків, досягнення професійної майстерності, є важливою і на етапі професійного відбору. Професійний відбір є системою роботи, спрямованою на надання допомоги абітурієнту у визначенні й виборі конкретної професії на основі виявлення й оцінки його загальних і спеціальних здібностей, здатностей, інтересів, потреб і об'єктивних умов професійної підготовки і працевлаштування. Здійснюють його саме навчальні заклади, висуваючи до вступників конкретні вимоги, або установи, які приймають випускників на роботу.

На стадії оволодіння студентами обраною професією робота повинна спрямовуватись також на професійну адаптацію - процес пристосування особистості до професійної діяльності, її умов; досягнення бажаної продуктивності праці й відповідності між професійними намірами, інтересами, якостями особистості та вимогами до діяльності. Ознаками професійної адаптації є збереження і розвиток здібностей і схильностей студентства, у тому числі з особливими потребами, до обраної професійної діяльності, узгодженість суспільної та особистої мотивації до праці, яка залежить від її змісту, впливу сім'ї та виробничого оточення [4].

З огляду на вищезазначене слід зауважити, що необхідність у постановці тих або інших цілей діяльності у сфері освіти викликається головними причинами соціально-історичного процесу, характеризується достатньою визначеністю і є підготовленою всім ходом розвитку соціуму. Тенденції сучасної соціальної дійсності відбиті у, по-перше, появі нового розподілу на ринку праці - на дипломованих і кваліфікованих працівників, традиційний же взаємозв'язок соціального статусу й рівня диплому нерідко розпадається. Сучасні темпи розвитку виробництва й терміни підготовки кадрів настільки не відповідають один одному, що більшість випускників коледжів, університетів при найманні на роботу змушені проходити перепідготовку. Тобто вартість підготовки фахівця значно збільшується. Гнучкі технології і створені на їх базі виробництва розвиваються дуже швидко, тому процес перекваліфікації стає майже нескінченним. По-друге, якщо раніше виробнича сфера й економіка на невідповідність між результатами освіти й попитом на ринку праці реагували безробіттям, то тепер до неї додалася ще одна проблема - при величезній кількості непрацевлаштованих наявна нестача кадрів необхідної кваліфікації (висококваліфікованих фахівців) і необхідність їхньої підготовки [5].

Зазначені тенденції значно ускладнюють соціально-психологічну адаптацію молоді, у тому числі осіб з особливими потребами, до трудової діяльності. Моральне ж задоволення, позитивну самооцінку, високу продуктивність праці зумовлює лише правильний вибір професії. Він є точкою, в якій сходяться інтереси особистості та суспільства, поєднання особистих і загальних інтересів. Успішність же професійного

самовизначення потенційних абітурієнтів залежить від сформованості їх ціннісної орієнтації, життєвих ідеалів у професійній сфері.

Висновки. Отже, правильно організована багатоступенева та різнокомпонентна професійна орієнтація потенційних абітурієнтів, у тому числі осіб з особливими потребами, будучи суттєвим етапом психологічної та практичної підготовки особистості до трудової діяльності, дозволить виконати замовлення сучасного суспільства у забезпеченні ринку праці прогресивними фахівцями.

Список літератури: 1. *Брайко Н.* Проблематика дефіциту спеціалістів на ринку праці України / Н. Брайко [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.osvita.org.ua/articles/644.html>. 2. *Лесько О. Й.* Зайнятість та професійна реабілітація осіб з обмеженими фізичними можливостями (методологія, проблеми, шляхи вирішення) / Автореф. дис... канд. екон. наук: 08.09.01 / О.Й. Лесько; НАН України. Рада по вивч. продукт. сил України. – К., 2003. – 20 с. 3. *Садрицька С. В.* Мотивація вступу до ВНЗ українських студентів: тенденції останніх років / С.В. Садрицька // Наукове онлайн видання «СОСІОПРОСТІР». – 2010. – № 1. – С. 56-60. 4. *Фіцула М. М.* Педагогіка: Навчальний посібник / М.М. Фіцула. – К., Альма-матер, 2009. 5. *Острова В. Д.* Особливості соціально-психологічної адаптації сучасної студентської молоді: потреба у психологічному супроводі / В.Д. Острова [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vuzlib.com/content/view/571/94/>.

Надійшла до редколегії 03.06.2013

УДК 331.548

Професійна орієнтація, у тому числі осіб з особливими потребами, як провідний фактор формування сучасних прогресивних фахівців/ Шароватова О. П. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. – № 38 (1011). – С.114-119. – Бібліогр.: 5 назв.

Раскрыты проблемные вопросы профессиональной ориентации, в том числе лиц с особенными потребностями, как ключевого фактора в формировании высококвалифицированных специалистов в условиях отечественной современности в соответствии с новыми социальными условиями.

Ключевые слова: современные специалисты, лица с особенными потребностями, абитуриенты, профессиональная ориентация

Revealed the problematic issues of vocational guidance, including those with special needs, as a key factor in the formation of highly qualified specialists in the domestic modernity in accordance with the new social conditions.

Keywords: modern experts, persons with special needs, applicants, career guidance

УДК 004.9:528

А. В. БЕЛЬЧЕВА, ассистент, ХНУРЭ, Харьков

МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВЫХ НАБОРОВ ДАННЫХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИС

В статье предложен метод генерации тестовых наборов данных ГИС, позволяющий повысить интенсивность наполнения информационного обеспечения ГИС-приложения для сокращения времени на разработку и тестирования алгоритмов реализующих функциональных задачи ГИС-приложения.

Ключевые слова: ГИС, информационное обеспечения, тестовые данные, метод.

Введение. На первых этапах проектирования информационное обеспечение ГИС-приложения (далее ИОГИС) еще не сформировано, что приводит к отсрочке разработки алгоритмов, реализующих функциональные задачи и соответственно

временным потерям. Это обусловлено тем, что для проведения практических экспериментов и реализации функциональных задач ГИС нужна представительская выборка и разнообразие в форматах данных. В настоящее время в комплекте с проприетарным программным обеспечением, разработчику может быть предоставлено некоторое, весьма ограниченное число пространственных данных [1], однако их не достаточно для проведения экспериментальных исследований. Выбор тестового материала, задача не менее трудоемкая, нежели наполнение ИОГИС реальными данными, кроме того, чтобы повысить эффективность разрабатываемых алгоритмов целесообразно использовать данные с ловушками, искажениями, зашумленностью.

Цель работы. Целью данной работы является разработать метод генерации тестовых наборов данных для формирования ИОГИС.

Методика экспериментов. Структура информационного обеспечения ГИС должна полностью соответствовать информационным потребностям конкретного проекта. Концептуальная модель ИО включает описание форматов представления, требований к качеству и видов взаимодействия. Для эффективной работы с ИО необходимо учесть формат представления, способы реализации пространственных и логических запросов, возможность обновления данных. Определение основных требований к ИО ГИС-приложения основано на анализе:

- приоритетов функциональных задач (определить, какие параметры в задачах принятия решений являются наиболее важными: скорость, объективность, уменьшение затрат на получение услуг и т.д.);

- нагрузок на ИО (нагрузка на блок обработки информационных ресурсов связана с частотой обращения пользователей к системе, сложностью обрабатываемых запросов, объемами данных и т.д.);

- требования к полноте ИО (определить, какой объем данных является достаточным для реализации функциональных задач и стабильной работы системы).

Для реализации данных требований используются внешние и внутренние программные модули. В качестве внешних подключают коммерческие СУБД (ORACLE, INFORMIX, SQLServer, Access и др.), а возможности внутренних обусловлены форматом представления и вариантом хранения атрибутивной информации. После выбора структуры ИО, разработчик постепенно наполняет

© А. В. БЕЛЬЧЕВА, 2013

данными ГИС-приложение.

Остановимся более подробно на требованиях к полноте ИО. Формирование информационной базы проекта достаточно трудоемкий процесс, включающий несколько этапов, от выбора логической модели до определения критериев качества и требований к преобразованию пространственных данных. Когда уровень полноты ИО не соответствует требуемому, разработчик в качестве информационных ресурсов может использовать тестовые наборы данных.

Массовый доступ в интернет способствует открытости данных о спутниковом позиционировании, аэрофотосъемки, глобальных моделей рельефа и других картографических материалов. Например, спутниковые фотоснимки планеты Landsat могут открыто использоваться в научных исследованиях в области геологии, картографии лесного и сельского хозяйства; топографические карты OpenStreetMap, Google maps, Microsoft Bing на основе данных ДДЗ с возможностью онлайн редактирования. Однако источники геоданных могут сопровождаться

лицензированным соглашением, с ограничениями в использовании конкретного набора. Например, данные ДДЗ IRS могут использоваться только в рамках проекта OpenStreetMap, X-band SRTM и ASTER GDEM нельзя распространять с оригинальным разрешением, а данные с сервисов Wikimapia и Google Mapmaker не допускают коммерческого использования. Несомненно, открытость подобных ресурсов способствует росту научных работ, появлению новых сервисов и продуктов, тем не менее, подобные тестовые наборы данных обладают рядом недостатков:

- неупорядоченность, разрозненность, отсутствие четкой структуры открытых ресурсов;
- ограничения лицензированным соглашением;
- разнообразие форматов представления;
- малая выборка однородных данных для проведения научных исследований и проверки работы алгоритмов;
- привязка к определенной тематической области;
- ограничения, связанные с качеством и актуальностью информации;
- сложность прогнозирования срока получения данных;
- наличие ошибок определенного рода для проверки робастности методов и алгоритмов пространственного анализа.

Исходя из изложенного можно прийти к выводу, что на сегодняшний день не существует однородного, открытого, четко структурированного тестового набора пространственных данных. Назрела необходимость в создании программного модуля с библиотекой тестовых наборов.

Тестовый набор данных представляет собой совокупность геометрических объектов, которые определены в одной системе координат, посредством которого, можно получить наборы объектов определенного класса или разнородные коллекции данных. Структура тестового набора – базовые геометрические объекты от нулевой до второй размерности. Каждый объект характеризуется определенной координатой на плоскости, которая служит точкой привязки и основой для реализации пространственного анализа. Рассмотрим основные этапы метода:

Этап 1 Выбор базовых геометрических объектов;

Этап 2 Определение входных параметров вычислительных процедур тестового набора данных;

Этап 4 Определение параметров искажений;

Этап 3 Обработка параметров в библиотеки функций;

Этап 5 Формирование тестового набора данных;

Этап 6 Интеграция тестового набора в программное обеспечение ГИС.

Обсуждение результатов. Структура тестового информационного обеспечения представлена на языке UML, где базовый класс состоит из подклассов: точка, линия, поверхность, коллекция примитивов (рис.)

$$T = \langle D, L, P, S \rangle,$$

где T – Точка (Dot); L – Линия (Line); P – Полигон (Polygon); S – Поверхность (Surface).

Точка (Dot). Геометрический объект нулевой размерности, представлен на плоскости единой позицией с координатами x , y , z . Координаты точки задаются методами распределения случайной величины.

Совокупность объектов «Точка» формирует класс «Множество точек» и представляет собой массив данных, координаты которых – случайные величины, распределенные по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратическим отклонением 1

$$F_{M_1}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

или случайные величины, распределенные по равномерному закону в интервале $[a, b]$

$$F_{M_2}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & x \geq b \end{cases}$$

Линия (Line). Топологическая размерность равна единице. Его структура, представляет собой две опорные точки с определенным типом интерполяции между ними

$$u_i [x_i y_i z_i] \forall i = \overline{0, n},$$

$$\begin{cases} p_i(t) = [1t \ t^2 \ t^3] S_i \\ \forall t \in [0, d_i], i = \overline{1, n} \end{cases}, \text{ где } S_i = \begin{bmatrix} S_{0xi} & S_{0yi} & S_{0zi} \\ S_{1xi} & S_{1yi} & S_{1zi} \\ S_{2xi} & S_{2yi} & S_{2zi} \\ S_{3xi} & S_{3yi} & S_{3zi} \end{bmatrix}.$$

Метод интерполяции кривой между двумя заданными точками зависит от поставленной задачи и определяет тип аппроксимирующей функции. Кусочно-линейная интерполяция отрезками прямых линий, имеет изломы в узловых точках – несовпадение вторых производных. В кусочной интерполяции гладкими сплайнами в качестве аппроксимирующей функции используются полиномы низкой степени. Для обеспечения непрерывности в узловых точках форма сплайна определена кубическим полиномом. Физический аналог кубического сплайна – гибкий стержень, закрепленный в заданных узловых точках с минимальной потенциальной энергией в местах перегиба, пропорционально интегральной кривизне

$$\sum_{i=1}^n \int_0^{d_i} p_i^n(t)^2 dt$$

Полигон (Polygon). Двумерный геометрический объект, представляющий собой ограниченную область плоскости.

Задается полигон произвольным набором объектов *Point*, образующих

границу из комплекса объектов *Line*. Из точки T – центральной точки объекта, под углами $0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$ к оси x , рассчитывается произвольное количество лучей путем приращения значения



Рис. - Структурная модель тестового набора данных

угла $\varphi_1 = 0^0$, на случайную величину φ_n . Значение φ_n выбирается с таким расчетом, чтобы минимальное количество лучей (сторон полигона) было равно трем $120^0 < \varphi_n \leq 180^0$. Вдоль лучей откладываются отрезки произвольной длины, которые определяют вершины полигона

$$r_n = a + \text{rnd}(b - a),$$

где r_n – длина произвольного отрезка, $\text{rnd}(b - a)$ – генератор равномерно распределенных чисел.

$$p_n = T + r_n [\cos(\varphi_n) \sin(\varphi_n)], n = 1, 2, \dots,$$

где p_n – вершины полигона.

Поверхность (Surface). Геометрический объект с размерностью два. Представляет собой простую плоскую поверхность образованную границами полигонов – фрагментами.

$$u_{ij} = [x_{ij} \ y_{ij} \ z_{ij}] \forall i = \overline{0, n}, j = \overline{0, m},$$

где u_{ij} – узлы интерполяции каркаса сплайновой поверхности.

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{ij}(t, \tau) = [1 \ t \ t^2 \ t^3] S_{ij} \begin{bmatrix} 1 \\ \tau \\ \tau^2 \\ \tau^3 \end{bmatrix} mR^3 \\ \forall t \in [0, d_i], \tau \in [0, \delta_j], i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \end{array} \right.$$

с трехслойными матрицами коэффициентов. Условия фиксации поверхности в узловых точках [2]

$$p_{ij}(0, 0) = u_{i-1, j-1}, p_{ij}(0, \delta_j) = u_{i-1, j}, p_{ij}(d_j, 0) = u_{i, j-1}, p_{ij}(d_j, \delta_j) = u_{ij}.$$

Вычислительные процедуры формирования объектов базовых классов, настройка дополнительных параметров имитирующих ошибки оцифровки: разрывы, пересечения, недоводы и перехлесты, и их программная реализация рассмотрены в работах [3-5].

Выводы. Разработан метод генерации тестовых наборов данных, на основе методов компьютерной геометрии и алгоритмов машинной графики, что позволит усовершенствовать проверку эффективности и надежности работы алгоритмов пространственно-атрибутивного анализа, а также повысить интенсивность наполнения информационного обеспечения ГИС. Предложена структура тестового набора данных. Введены базовые классы и подклассы объектов. Определены спецификации на объекты базовых классов.

Список литературы: 1. Дубинин, М. Ю. Открытые данные ДЗЗ – двигатель прогресса в области геоинформатики [Текст] / М. Ю. Дубинин // Земля из космоса. – 2012. – № 11 – С.9-14. 2. Никулин, Е. А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики [Текст] / Е. А. Никулин // СПб: БХВ-Петербург, 2003. – С. 560. 3. Бельчева, А. В., Манакова, Н. О. Модель минимизации временных затрат реализации ГИС-проекта с учетом полноты информационного обеспечения [Текст] / А. В. Бельчева, Н. О. Манакова // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2013. – № 11(985). – С.85. 4. Бельчева, А. В., Манакова, Н. О. Алгоритм создания тестовых наборов векторных и растровых данных [Текст] / А. В. Бельчева, Н. О. Манакова // Радиоэлектроника и информатика – 2012. – № 2 (57). – С.83. 5. Бельчева, А. В. Метод создания тестовых наборов векторных и растровых данных [Текст] / А. В. Бельчева // Advanced Information Systems and Technologies, AIST 2012 – 15-18 мая 2012.

УДК 004.9:528

Метод генерации тестового информационного обеспечения ГИС/ Бельчева А. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.120-124. – Бібліогр.: 5назв.

Розроблено метод генерації тестових наборів даних ГІС, що дозволить проводити перевірку ефективності та надійності роботи алгоритмів просторово-атрибутивного аналізу, а також підвищити інтенсивність формування інформаційного забезпечення ГІС.

Ключевые слова: ГИС, інформаційне забезпечення, тестові данні, метод.

The method of GIS test data sets generating has been developed that will allow to check the effectiveness and reliability of the spatial-attributive analysis algorithms work and increase the intensity of the GIS informational support.

Keywords: GIS, informational support, test data, the method.

УДК 616.89:501+314.44

Е. В. ВЫСОЦКАЯ, канд. техн. наук, проф., ХНУРЭ, Харьков;

В. И. КОРОСТИЙ, д-р мед. наук, проф., Харьковский национальный медицинский университет;

Е. Н. ЗИНЧЕНКО, канд. мед. наук, н. с., НИИ неврологии, психиатрии и наркологии АМН Украины, Харьков;

А. П. ПОРВАН, канд. техн. наук, с.н.с., ХНУРЭ, Харьков;

А. Н. СТРАШНЕНКО, аспирант, ХНУРЭ, Харьков

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАССТРОЙСТВАМИ ПСИХИКИ НЕПСИХОТИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА СРЕДИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ УКРАИНЫ

В статье рассматривается вопрос прогнозирования заболеваемости расстройствами психики и поведения непсихотического характера среди сельского населения с использованием адаптивных математических моделей, на основе которых может проводиться планирование ресурсов и объемов медицинской помощи, а также дальнейшее усовершенствование психиатрической службы.

Ключевые слова: прогнозирование заболеваемости, психические расстройства, АРМА.

© Е. В. ВЫСОЦКАЯ, В. И. КОРОСТИЙ, Е. Н. ЗИНЧЕНКО, А. П. ПОРВАН, А. Н. СТРАШНЕНКО, 2013

Введение. Из-за социально-экономического кризиса претерпевают быстрые, резкие изменения условия существования людей. Растёт безработица, меняется общественный менталитет, образ жизни, характер питания. Качество жизни и социальное функционирование становятся одним из важнейших показателей психического здоровья. Термин «психическое здоровье», введенный Всемирной организацией здравоохранения, обозначает успешное выполнение психических функций, имеющих результатом продуктивную деятельность, установление отношений с другими людьми и способность адаптироваться к изменениям и справляться с неприятностями. Психическое здоровье – это в первую очередь отсутствие психических расстройств и форм инвалидности. От психических расстройств страдает более 450 миллионов человек. У многих других людей имеются психические проблемы [1, 2].

Исследования последних лет показали, что у сельских жителей по частоте инвалидизации психические расстройства стоят среди первых трех категорий наряду с сердечно-сосудистыми заболеваниями и травмами.

За период с 2000 по 2010 гг. отмечалось увеличение показателя общей заболеваемости психических и поведенческих расстройств у сельского населения Украины. При этом в структуре общей заболеваемости первое ранговое место занимают непсихотические психические расстройства [4].

Весомая доля в структуре психических расстройств и отмечаемый рост заболеваемости непсихотических психических расстройств указывают на актуальность изучения тенденций психического здоровья сельского населения Украины и составления прогнозов заболеваемости, необходимых для планирования ресурсов и объемов медицинской помощи, последующей разработки научно-практического комплекса медико-социальных мероприятий, направленных на оптимизацию психиатрической помощи в Украине [5, 6].

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Известно множество методов прогнозирования, но все они имеют одну общую идею: обнаружение связей между прошлым и будущим, между информацией о процессе в контролируемый период времени и характером протекания процесса в дальнейшем. От того, насколько точно описаны исследуемые связи, будет зависеть точность прогнозирования.

В качестве прогнозной модели нами была выбрана регрессионная модель ARMA. ARMA-процессы – это класс стохастических процессов, используемых для анализа временных рядов. Модели позволяют получать точные прогнозы, опираясь только на информацию, содержащуюся в предыстории прогнозируемых рядов медицинских данных.

В практических медицинских задачах можно было бы обойтись без использования моделей ARMA, ограничиваясь либо AR либо MA моделями. Однако, при таком подходе, количество коэффициентов, подлежащих оцениванию, может оказаться слишком большим (что снижает точность оценивания) и даже превосходить количество имеющихся наблюдений. В этом смысле модели ARMA являются “более экономными”.

Анализ научных публикации последнего десятилетия показал, что в большом количестве работ по прогнозированию классическими методами используется именно ARMA, как один из наиболее обоснованных и надежных алгоритмов (из статистических).

Целью данной работы является прогнозирование заболеваемости непсихотическими психическими расстройствами сельского населения различных регионов Украины, результаты которого позволят усовершенствовать систему оказания психиатрической помощи сельскому населению Украины.

Основной материал и экспериментальные исследования. Нами был проведен анализ заболеваемости непсихотическими психическими расстройствами сельского населения Украины за период с 2008 по 2012 годы.

Для построения модели прогнозирования заболеваемости расстройствами психики и поведения непсихотического характера среди сельского населения Украины, проживающего в 25 областях страны исходные данные сформировали согласно регионального принципа деления: первый регион - западноукраинский (Волинская, Ровенская, Львовская, Тернопольская, Ивано - Франковская,

Закарпатская, Черновицкая области); второй регион - центрально-южный (Киевская, Винницкая, Кировоградская, Одесская, Николаевская, Херсонская области и АР Крым); третий регион - центрально-северный (Житомирская, Хмельницкая, Черкасская, Полтавская, Сумская, Черниговская области); четвертый регион - восточный (Харьковская, Донецкая, Луганская, Днепропетровская, Запорожская области).

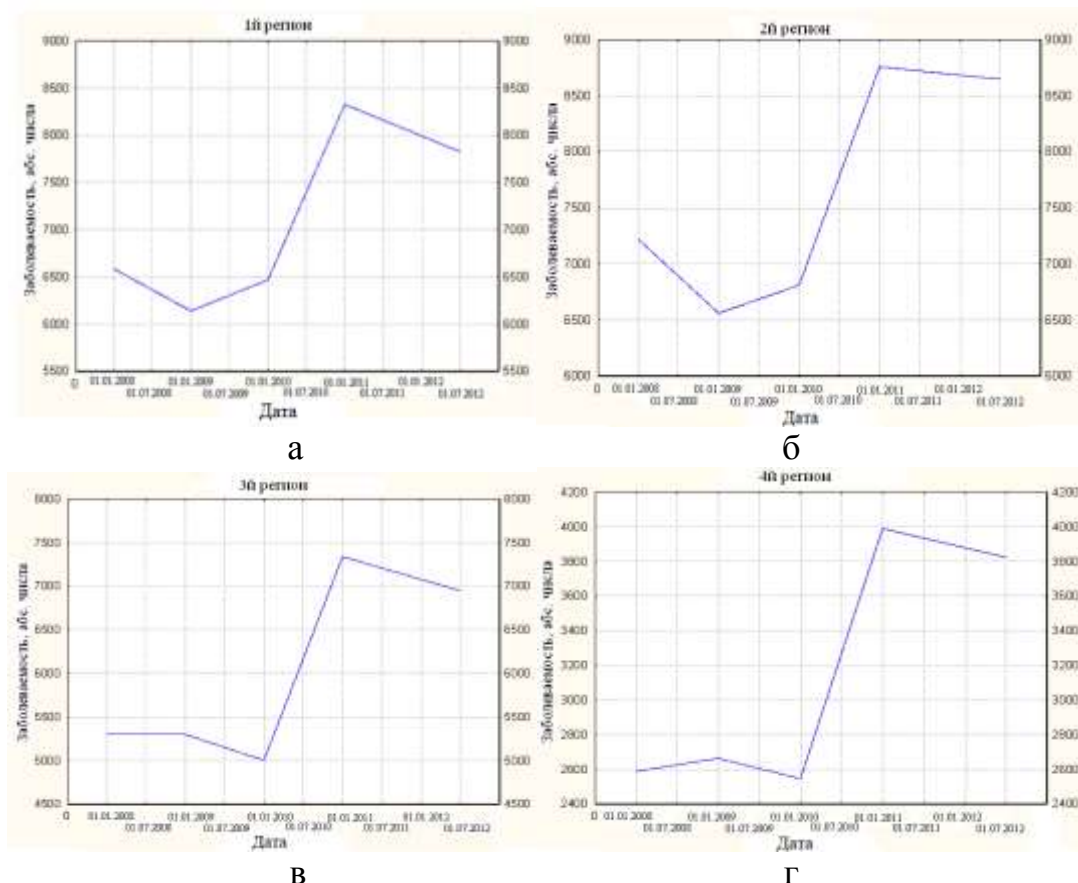


Рис. 1 – Распределение заболеваемости непсихотическими психическими расстройствами сельского населения за 2008-2012 г. по 4-м регионам Украины: а – по 1-му региону; б – по 2-му региону; в – по 3-му региону; г – по 4-му региону

По данным, представленным на графиках, можно сделать вывод, что заболеваемость непсихотическими психическими расстройствами у сельского населения на протяжении 2011-2012 гг. носила отрицательный характер, то есть наметился спад уровня заболеваемости по всем регионам Украины, что коррелирует с изменением уровня инфляции в этот период.

Рост заболеваемости в 2008 - 2011 гг. и снижение в 2012 г. повторяет тенденции, характерные для страны в целом, а именно: низкий уровень жизни, высокий уровень безработицы, высокая миграционная активность населения, низкий уровень рождаемости.

Рассмотрим этот факт подробнее. Большой вред Украине нанес мировой финансовый кризис. На рис. 2 представлен график изменения индекса инфляции в Украине, начиная с 2001 года нарастающим итогом [7].

Согласно данным Государственного комитета статистики Украины количество официально зарегистрированных безработных в 2011 году увеличилось на 5,3% по сравнению с 2010 годом.

Однако в 2012 году безработица в Украине постепенно начала снижаться. Уровень зарегистрированной безработицы в целом по Украине в конце 2011 года составил 1,5% от общего количества трудоспособного населения, что на 0,7 % меньше, чем 1 марта 2011 года.



Рис. 2 – График изменения индекса инфляции в Украине

При этом, следует отметить, что 2 миллиона сельских жителей живут только за счет приусадебного хозяйства, многие находятся в условиях неполной занятости.

Для построения прогноза была использована модель ARMA (2, 1).

Временной представили в виде суммы двух процессов: авторегрессии порядка p , и скользящего среднего порядка q :

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где y_t – зависимая переменная в момент времени t ;

$\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_k$ – оцениваемые параметры (параметры авторегрессии);

θ_i – коэффициенты процесса скользящего среднего,

ε_t – случайная величина.

Проведя расчет параметров модели ARMA (2, 1) прогнозирования заболеваемости сельского населения НПР для 1-4 регионов получили 4 модели временного ряда вида (1):

- для первого региона

$$\hat{y}_t = 7154.930 + 1.656 \cdot y_{t-1} - 0.943 \cdot y_{t-2} + 0.997 \cdot \varepsilon_{t-1};$$

- для второго региона

$$\hat{y}_t = 7713.684 + 1.677 \cdot y_{t-1} - 0.952 \cdot y_{t-2} + 0.993 \cdot \varepsilon_{t-1};$$

- для третьего региона

$$\hat{y}_t = 6040.129 + 0.745 \cdot y_{t-1} - 0.116 \cdot y_{t-2} - 0.993 \cdot \varepsilon_{t-1};$$

- для четвертого региона

$$\hat{y}_t = 3154.232 + 0.780 \cdot y_{t-1} - 0.084 \cdot y_{t-2} - 0.999 \cdot \varepsilon_{t-1}.$$

Полученные модели можно признать удачными, все коэффициенты в модели являются статистически значимыми ($P < 0.05$), в модели присутствует автокорреляция, остатки моделей стационарны и имеют нормальное распределение.

Анализ и верификация прогностических моделей показали, что точность прогнозирования достаточно высокая, полученные результаты приемлемы для

принятия управленческих решений в процедуре выбора и формирования лечебно-профилактических мероприятий.

Было проведено прогнозирование заболеваемости непсихотическими психическими расстройствами сельского населения Украины с использованием синтезированных моделей.

Результаты прогнозирования по заболеваемости непсихотическими психическими расстройствами представлены в табл.

Таблица – Результаты прогнозирования заболеваемости непсихотическими психическими расстройствами для четырех регионов Украины

Регион	Год	2013		2014		2015	
1	Верхний доверительный интервал	8115,71	7782,70	7411,10	7267,90	7507,82	8044,50
	Прогноз	7303,62	6769,51	6376,50	6229,16	6355,62	6703,95
	Нижний доверительный интервал	6491,53	5756,33	5341,91	5190,42	5203,43	5363,41
2	Верхний доверительный интервал	8973,37	8599,03	8108,83	7793,88	7864,12	8301,01
	Прогноз	8159,07	7572,57	7052,92	6740,17	6710,67	6959,06
	Нижний доверительный интервал	7344,78	6546,12	5997,01	5686,45	5557,22	5617,12
3	Верхний доверительный интервал	7739,20	8566,31	8769,49	8796,40	8785,53	8772,56
	Прогноз	6586,51	6341,42	6201,01	6124,92	6084,58	6063,38
	Нижний доверительный интервал	6433,83	4916,52	4632,53	4653,45	4683,63	4854,20
4	Верхний доверительный интервал	3615,77	3457,89	3352,32	3283,24	3238,22	3208,91
	Прогноз	4333,66	4865,15	5013,87	5045,54	5041,86	5029,81
	Нижний доверительный интервал	2897,89	2050,63	2690,77	1920,94	2434,58	2388,01

Выводы. Таким образом, на основании полученных результатов следует отметить, что заболеваемость непсихотическими психическими расстройствами у сельского населения на протяжении 2011 - 2012 гг. носила отрицательный характер, то есть наметился спад уровня заболеваемости по всем регионам Украины.

Результаты прогнозирования заболеваемости непсихотическими психическими расстройствами у сельского населения Украины до 2015 года показало их возможное увеличение в 2-х регионах.

Для оптимизации медицинского обеспечения лиц, страдающих непсихотическими психическими расстройствами, необходимо пользоваться прогностическими моделями заболеваемости, на основе которых должно проводиться планирование ресурсов и объемов медицинской помощи, а также дальнейшее усовершенствование

психиатрической службы, направленное на повышение качества, территориальной и экономической доступности психиатрической помощи сельскому населению Украины.

Список литературы: 1. Ястребов, В. С. Психическое здоровье населения накануне третьего тысячелетия [Текст] / В. С. Ястребов // Психиатрия и психофармакотерапия. - 2001. - № 1. - С.12-15. 2. Жариков, Н. М. Распространенность пограничных психических расстройств среди лиц, не находящихся под наблюдением психиатрических учреждений [Текст] / Н. М. Жариков, В. Я. Гиндикин // Журн. невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. — 2002. - №7. — С. 45-49. 3. Зінченко, О. М. Характеристика загальних закономірностей психічного здоров'я сільського населення України [Текст] / О. М. Зінченко // Архів психіатрії. — 2012. - Т.18. - № 2 (69). — С. 15-21. 4. Клинико-эпидемиологический анализ распространенности пограничных психических расстройств, тенденции и закономерности [Текст] / Ю. А. Александровский, Б. Д. Петраков // VIII Всесоюзный съезд психиатров и наркологов. Тезисы докладов. — 1999. — Т. 3. - С. 178- 180. 5. Казаковцев, Б. А. Современные тенденции в организации психиатрической помощи [Текст] / Б. А. Казаковцев // Российский психиатрический журнал. - 2001. - № 1. - С.57-61. 6. Оценка факторов, влияющих на позднюю обращаемость психически больных за психиатрической помощью и меры по ее профилактике: Методические рекомендации. [Текст] / Н. К. Демчева, Е. В. Калинина - М.: ФГУ «ГНЦ ССП Росздрава», 2010. — 22 с. 7. Державна служба статистики України. Соціально-економічний розвиток України [електронний ресурс] — Режим доступа. - URL: http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/so_ek_r_u.

Поступила в редколлегию 02.06.2013

УДК 616.89:501+314.44

Прогнозирование заболеваемости расстройствами психики непсихотического характера среди сельского населения Украины / Висоцкая Е. В., Коростий В. И., Зинченко Е. Н., Порван А. П., Страшненко А. Н. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. — Х: НТУ «ХП», — 2013. - № 38 (1011). — С.124-129. — Бібліогр.:7 назв.

У статті розглядається питання прогнозування захворюваності на розлади психіки та поведінки непсихотичного характеру серед сільського населення з використанням адаптивних математичних моделей, на основі яких можливе проведення планування ресурсів і обсягів медичної допомоги, а також подальше удосконалення психіатричної служби.

Ключові слова: прогнозування захворюваності, психічні розлади, АРМА.

In this article discusses the prediction of the incidence of mental disorders non-psychotic nature of rural population of Ukraine with the use of adaptive mathematical models on the basis of which should be the planning of resources and the volume of medical care, as well as further improvement of mental health services.

Keywords: prediction of disease, mental disorders, ARMA

УДК 331.101.1

О. М. ПАРХОМЕНКО, аспірант, ХНАМГ, Харків;

Я. О. СЕРІКОВ, канд. техн. наук, доц., ХНАМГ, Харків

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕРГОНОМІЧНИХ УМОВ В СИСТЕМІ „ПРАЦІВНИК- ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА-СЕРЕДОВИЩЕ”

Наведена комп'ютерна технологія, яка розроблена на основі використання геоінформаційних систем для проведення ергономічної оцінки системи „працівник-вітроенергетична установка-середовище” за фактором шуму.

Ключові слова: комп'ютерна технологія, геоінформаційні системи, ергономічна оцінка, працівник, фактор шуму.

Вступ. Створення сприятливих умов праці, зручність керування, зниження втомленості, підвищення привабливості і престижності праці – важливі соціальні та економічні задачі. Питання гуманізації техніки стає в один ряд з технічними характеристиками машин.

Вихід на світовий ринок неможлива без оцінки конкурентоспроможності за ергономічними показниками вітчизняних машин з закордонними [1].

На жаль тенденція така, що 90 % техніки не відповідають ергономічним, естетичним вимогам, а також вимогам безпеки, що призводить до травм і підвищенню рівня професійних захворюваностей.

Питання ергономіки все більше набувають значення при розвитку техніки та складних систем керування, це пов'язано з тим, що трудова діяльність людини стає все більш складною та напруженою. Надійність роботи системи „людина-техніка-середовище” (ЛТС) лімітується надійністю роботи людини.

Зміни умов трудової діяльності призводить до того, що організм людей не встигає перебудуватися, що призводить до виникнення низки негативних явищ. Працюючи іноді на межі психофізіологічних можливостей і в несприятливому виробничому середовищі, людина допускає помилки, „ціна” яких в сучасному виробництві значно зросло.

Мета роботи. Працівник на вітроелектричній станції (ВЕС) знаходиться під дією різних шкідливих факторів під час робочої зміни. Вплив підвищеного рівня шуму може призвести до небажаних наслідків зниження ефективної роботи системи „працівник-вітроенергетична установка-середовище” (ПВЕУС) в цілому та у зміні здоров'я працівника. Зниження або виключення впливу виробничого шуму для підвищення ефективної роботи системи ПВЕУС є основною метою роботи.

Методика експерименту. Проведені дослідження засновані на статистичному аналізі експериментальних даних, математичному моделюванні на основі технології геоінформаційних систем для візуалізації зон акустичного комфорту та дискомфорту в системі ПВЕУС з урахуванням впливу навколишнього середовища.

Обговорення результатів. Для спрощення та економії часу при розрахунку рівне звукового тиску від ВЕУ була розроблена програмна технологія, яка дозволяє на базі технологій геоінформаційних систем (ГІС) аналізувати на електронній карті

© О. М. ПАРХОМЕНКО, Я. О. СЕРІКОВ, 2013

місцевості, можливі варіанти розміщення вітроенергетичних установок, розміщувати на карті вказані об'єкти, будувати інтегральні зони поширення шуму для вибраних установок, і одержувати локальні характеристики зашумлення у

вказаних точках карти [3, 4]. Одержані в результаті дані можуть слугувати для подальшого аналізу оптимального розміщення групи ВЕУ на місцевості.

	M2_Frequency
	M2_Times
	M2_WaveParams
	M3_WaveParams
	VL_Altitudes
	VL_Distances
	VL_FadingCff
	VL_Fans
	VL_Frequency
	VL_Layers
	VL_Models
	VL_Parcels
	VL_PrcNodes
	VL_SndPress
	VL_System

Модель 2. Среднегеометрич. частоты f шума та виміри звук. давл. на цих частотах.
 Время на шкале волновой характеристики
 Данные для построения волновых характеристик
 Данные для расчетов внутри здания
 Высоты на яких будуються горизонтальні перетини зон шуму
 Довжини траєкторії розповсюдження звуку до приймача
 Результаты розрахунку коефіцієнтів загасання
 Об'єкти ВЕУ в моделі
 Среднегеометрич. частоты f для инфразв. і шуму та виміри звук. давл. на цих частотах
 Список шарів на електронній карті
 Параметры моделей розрахунку
 Зони і ділянки для яких проводиться моделювання
 Координаты земельных ділянок, для яких проводиться моделювання
 Результаты розрахунку звукового тиску
 Системні і загальні для всіх моделей дані

Рис. 1 – Список реляційних таблиць проекту, який відкритий в СУБД ACCESS

Параметри моделі „ПВЕУС” і об’єкти електронної карти ВЕС.

При виборі раціонального варіанта розташування ВЕУ на електронній карті, користувач розташовує окремі ВЕУ, виконує розрахунки вихідних параметрів і зберігає данні розміщення і результати розрахунків у вигляді *моделі*. Метаданні кожної моделі зберігаються у вигляді реляційних таблиць СУБД ACCESS (рис. 1).

Для зберігання параметрів тієї частини моделі, в якій розрахунок шумових характеристик ведеться з урахуванням метеорологічних умов, але без урахування рельєфу місцевості, створено 7 реляційних таблиць:

- таблиця **VL_Altitudes**, містить висоти, для яких будуються горизонтальні перетини зон шуму;
- таблиця **VL_Distances**, містить довжину траєкторії розповсюдження звуку до приймача;
- таблиця **VL_FadingCff**, зберігає результати розрахунків коефіцієнта затухання для шуму і інфразвуку;
- таблиця **VL_Frequency**, містить середньгеометричні частоти f для шуму та інфразвуку, а також виміряні рівні звукового тиску на цих частотах;
- таблиця **VL_SndPress**, зберігає дані результатів розрахунку звукового тиску шуму та інфразвуку;
- таблиця **VL_System**, ця таблиця містить системні змінні і данні, загальні для всіх моделей розрахунку;
- таблиця **VL_Models**, зберігає список всіх моделей, які створені в даній базі даних і параметри цих моделей.

Друга методика передбачає, врахування як метеорологічних умов, так і впливу землі та геометричної дивергенції, створення 3 реляційних таблиць.

- таблиця **M2_Frequency**, містить середньгеометричні частоти f для шуму та рівень звукового тиску;
- таблиця **M2_Times**, зберігає час на часовій шкалі хвильової характеристики;
- таблиця **M2_WaveParams**, в цій таблиці зберігаються дані про розрахунок рівня шуму з урахуванням метеорологічних умов, інтерференції звукових хвиль від кожної ВЕУ та впливу землі.
- таблиця **M3_WaveParams**, в цій таблиці зберігаються дані про розрахунок рівня звукового тиску в середині виробничої будівлі.

Крім цього параметри кожної ВЕУ, що розташована на карті, зберігаються в реляційній таблиці **VL_Fans**. В цій таблиці кожна ВЕУ представлена у вигляді точкового об’єкту і описується за допомогою наступних атрибутів:

- координати X та Y установки в системі Гаусса-Крюгера;
- числовий ідентифікатор установки, який використовується як унікальний ключ таблиці;
- ідентифікатор моделі, в якій була створена дана БЕУ;
- текстове поле, що містить опис імені установки (для нанесення підписів на електронній карті).

Наступні таблиці містять методанні для інших просторових об'єктів електронної карти:

- таблиця **VL_Layers**, містить список растрових і векторних шарів електронної карти;

- таблиця **VL_Parcels**, містить список полігональних об'єктів, що визначають межі зон розміщення БЕУ і шарів локальних факторів;

- таблиця **VL_PrcNodes**, ця таблиця містить координати вузлів для об'єктів, заданих в таблиці **VL_Parcels**.

Для забезпечення стійкості роботи програми з реляційними даними, які містять зв'язок типу „один до багатьох” (рис. 2), за допомогою вбудованих інструментів СУБД ACCESS виконується контроль цілісності даних при виконанні каскадних операцій видалення і редагування записів в таблицях.

Опишемо об'єкти координатної системи і доступ до даних, а також особливості підготовки даних електронної карти.

Вибір проекції електронної карти місцевості на якій розташовано БЕС.

Виконуючи моделювання на електронній карті дуже важливо забезпечити коректність числових характеристик інтегральних зон шуму.

При переході від об'єктів реальної земної поверхні до плоскої моделі аркуша карти, можуть виникати помилки перепроєктування, що приводять до похибок в обчисленні площ інтегральних зон шуму і становлять десятки відсотків від початкових величин. Ці помилки слід звести до мінімуму, що досягається відповідним вибором картографічної проекції, що зводить до мінімуму спотворення форм, розмірів, площ і напрямів для об'єктів на електронній карті. У нашому проекті для відображення векторних і растрових шарів була вибрана проекція Пулково -1942 (один з різновидів проекції Гауса-Крюгера) [5].

Підготовка растрових даних для програми. Растрові дані моделюють земну поверхню у вигляді прямокутної матриці пікселів. У такий спосіб зручно надавати безперервні фрагменти місцевості і цілі регіони [5]. Як правило, растр є результатом зберігання даних різних видів зйомки земної поверхні в одному з цифрових файлових форматів.

Моделі Землі представляють нашу планету як сферу, еліпсоїд або геоїд. Використання паперових карт або відображення знімку земної поверхні на екрані монітора приводять нас до задачі надання поверхні сфери або сфероїда на площині. Для такого уявлення використовуються картографічні проекції. Растр, перетворений в проекцію карти, надається в картографічній системі координат. Наприклад, для

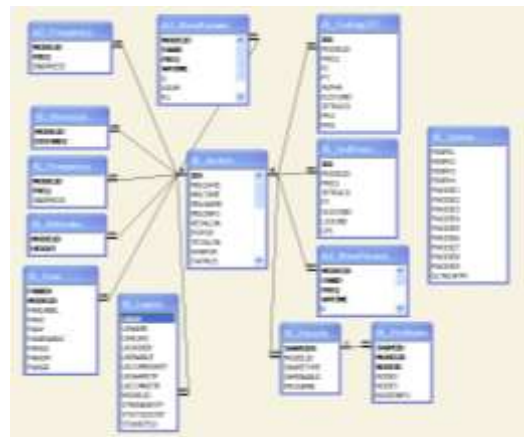


Рис. 2 – Схема даних моделі, яка побудована в СУБД ACCESS

деякого зображення в системі Гауса - Крюгера вісь X - спрямована від низу до верху, вісь Y – зліва направо, одиниці вимірювання – метри.

У програмі трансформують такі растри, що є відсканованими паперовими картами масштабу 1:200000. В цьому випадку задача вибору опорних точок спрощується за наявності на початковому зображенні координатної сітки і відповідних координат в потрібній проекції карти. І піксельні координати і відповідні їм координати карти ми знімаємо з початкового зображення. Тоді процес геометричної трансформації даних міститиме наступні кроки:

- нанесення за допомогою інструментів ГІС опорних точок на початковому знімку і автоматичний запис в таблицю їх піксельних координат;
- занесення в таблицю координат опорних точок, знятих з координатної сітки карти;
- створення моделі і обчислення параметрів трансформування;
- створення вихідного растру в проекції карти;

Інструменти для трансформації растрів є в багатьох ГІС. Для вирішення цієї задачі ми використовуємо програму ESRI ArcMap 9.2.

Модель розрахунку ВЕС створюється на електронній карті Кримського півострова. Просторові дані карти, які зберігаються в шейп – файлах, доступні у вигляді допоміжних векторних шарів (рис. 3):

- полігонний шар `krym_city`, містить вибірку найбільш великих населених пунктів Кримського півострова;
- лінійний шар `krym_roads`, містить вибірку дорожніх шляхів Кримського півострова.

Програмна оболонка, що реалізує модель розрахунку рівня звукового тиску від ВЕУ написана в середовищі Visual Studio Net 2005 [4]. Мова програмування Visual Basic Net (рис. 4).

Для формування локальних зон шуму з заданими умовами, як від однієї ВЕУ так і від всієї ВЕС, в комп'ютерній технології були використані R – функції (рис. 5).



Рис. 3 – Фрагмент вкладки „Проект”, який містить векторні шари і електронну карту моделі

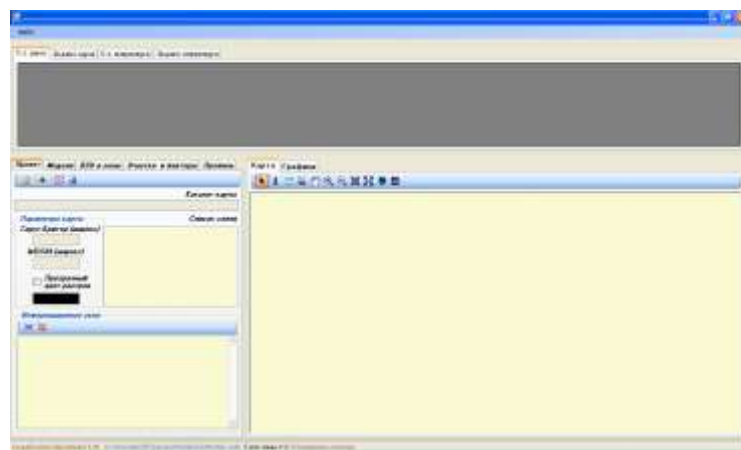


Рис.4 – Головне вікно програми



Рис. 5 – Побудова інтегральних зон шуму з урахуванням дії трьох локальних факторів: а – діапазон зон шуму для кожної з чотирьох ВЕУ при початковому розміщенні; б – інтегральна зона шуму

Висновки. Розроблена комп'ютерна технологія дозволить прогнозувати рівень звукового тиску на ВЕС, це в свою чергу підвищить ефективність роботи системи „працівник-вітроенергетична установка-середовище”. Своєчасне зменшення впливу шуму на працюючий персонал допоможе керівництву ВЕС скоротити витрати на медичне обслуговування персоналу та знизити вплив шуму на сельбищні території.

Список літератури: 1. Эргономика [Текст] Под ред. В. В. Адамчука – М . UNITY, 1999 – 195с. 2. Гаврилов, Е. В. Системология на транспорте : учебник в 5кн. [Текст] / за. заг. ред. М. Ф. Дмитриченко. – К.: Знання України, 2008. – кн. V : Ергономіка / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. – 256 с. 3. Геоинформатика: учебник для студ. высш. учебн. заведений [Текст] / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др.; под ред. В. С. Тикунова. 2 кн. Кн 1.- 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательский центр "Академия", 2008.- 384 с. 4. Шипулин, В. Д. Основные принципы геоинформационных систем [Текст] / В. Д. Шипулин – Х.: ХНАГХ, 2010. – 313с. 5. Рвачев, В. Л. Геометрические приложения алгебры логики [Текст] / В. Л. Рвачев. – К. : Техніка, 1967. – 212с.

Надійшла до редколегії 03.06.2013

УДК 331.101.1

Застосування геоінформаційних технологій для оцінки ергономічних умов в системі „працівник-вітроенергетична установка-середовище” / Пархоменко О. М., Серіков Я. О. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 38 (1011). – С.130-134. – Бібліогр.: 5 назв.

Приведена компьютерная технология, которая разработана на основе геоинформационных систем для проведения эргономической оценки системы «работник-ветроэнергетическая установка-среда» по фактору шума.

Ключевые слова: компьютерная технология, геоинформационные системы, эргономическая оценка, работник, фактор шума.

Refer computer technology, which is designed on the basis of geographic information systems for ergonomic evaluation of the "employee-wind power installation-environment" by a factor of noise.

Keywords: a computer technology, geographic information systems, ergonomic assessment, employee, noise factor.

УДК 621.331

В. Г. КУЗНЕЦОВ, д-р техн. наук, проф., Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

МОДЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ НЕНАДЁЖНОСТИ СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, УЧАСТВУЮЩЕГО В РЕГУЛИРОВАНИИ РЕЖИМОВ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В данной статье на основе информации о суммарной величине потока отказов и типовых калькуляций работ по ликвидации последствий отказов разработана модель экономического ущерба от возможных отказов при осуществлении регулировочных воздействий в системе электроснабжения тяги поездов.

Ключевые слова: система электроснабжения тяги поездов, экономический ущерб, отказ, регулирование режимов.

Введение. Подходы к оценке экономического ущерба от ненадёжности силового оборудования определяются типом предприятия, для которого производится регулировка режимов работы оборудования. Ущерб может быть выражен в виде стоимости недовыпущенной продукции или стоимости расходов от простоя вследствие перерывов в электроснабжении, недополученных доходов энергопередающих компаний или социального ущерба при рассмотрении систем электроснабжения жилищно-коммунального сектора. В данной диссертации мы будем рассматривать лишь составляющую ущерба, связанную с уменьшением надёжности силового оборудования тяговых подстанций и контактной сети при осуществлении регулирования режимов с целью достижения рационального.

Цель статьи. Разработать модель экономического ущерба от ненадёжности силового оборудования для задач регулирования режимов системы тягового электроснабжения.

Обзор литературы. В общем виде величина экономического ущерба при осуществлении регулирования режимов на тяговых подстанциях может быть определена как сумма:

$$Y = \Delta D + Y_{\text{отк}}, \quad (6)$$

где ΔD – недополученные доходы железной дороги из-за перерыва в электроснабжении (или в связи с пониженной эффективностью системы электроснабжения);

$Y_{\text{отк}}$ – составляющая ущерба, связанная с ликвидацией последствий отказа силового оборудования.

Исходные данные для расчёта экономического ущерба могут быть получены из ежегодных отчётов Главного управления электрификации и электроснабжения Укрзалізнички [1]. Первая составляющая ущерба может быть определена следующим образом [2]:

$$\Delta D = \Delta W \cdot C_{\text{э}} \cdot \omega \cdot T, \quad (7)$$

где ΔW – недоотпущенная потребителям электроэнергия, кВт·ч;

$C_{\text{э}}$ – тариф на электроэнергию;

ω – суммарный параметр потока отказов СТЭ;

T – среднее время недоотпуска электроэнергии.

© В. Г. КУЗНЕЦОВ, 2013

Составляющая ущерба, связанная с ликвидацией последствий отказа силового оборудования, может быть определена следующим образом

$$Y_{\text{отк}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{тр}} , \quad (8)$$

где $C_{\text{зп}}$ – расходы на заработную плату персоналу, который участвует в ликвидации аварии;

$C_{\text{тр}}$ – транспортные расходы.

Для расчёта суммарного параметра потока отказов ω системы электроснабжения тяги поездов необходимо составить структурно-логическую модель системы тягового электроснабжения, затем преобразовать её к элементарному виду [3].

Основной материал. Отказы силового оборудования систем тягового электроснабжения железных дорог вызывают потери в эксплуатационной работе транспорта, связанные с остановкой поездов и перерывами в перевозочном процессе. Для электроснабжения тяги экономический ущерб может быть определён по следующему выражению:

$$Y = Y_{\text{пр}} + Y_{\text{ост}} + Y_{\text{отк}} , \quad (9)$$

где $Y_{\text{пр}}$ – ущерб, связанный с простоем поездов от отказа СТЭ ;

$Y_{\text{ост}}$ – ущерб, связанный с остановкой поездов.

Первая составляющая ущерба может быть определена по нормативному документу [2]

$$Y_{\text{пр}} = \sum Nt_{\text{гр}} \cdot C_{Nt_{\text{гр}}} + \sum Nt_{\text{пс}} \cdot C_{Nt_{\text{пс}}} , \quad (10)$$

где $\sum Nt_{\text{гр}}$, $\sum Nt_{\text{пс}}$ – поездо-часы простоя грузовых и пассажирских поездов соответственно при отказе силового оборудования во время регулирования режимов; $C_{Nt_{\text{гр}}}$, $C_{Nt_{\text{пс}}}$ – укрупненная расходная ставка простоя грузовых и пассажирских поездов соответственно, грн./поездо·ч [4,5].

Величина времени задержки поездов зависит от параметров потока поездов, средней продолжительности простоя поездов при авариях данного типа, от типа системы сигнализации и связи. Среднее время простоя поездов вследствие отказов силового оборудования во время регулирования режимов может быть определена по данным эксплуатации дистанций электроснабжения. При отсутствии данных эксплуатации для приближённых теоретических расчётов поездо-часов отключения тяговой сети может использоваться следующая формула

$$\sum Nt_{\text{откл}} = \omega \cdot N_{\text{сут}} \cdot l_{\text{уч}} \cdot T , \quad (11)$$

где ω – суммарный параметр потока отказов СТЭ из-за регулирования режимов, ед./поездо·км;

$N_{\text{сут}}$ – суточные размеры движения на участке, поездов/сут;

$l_{\text{уч}}$ – длина участка, км;

T – среднее время закрытия участка в результате одного отказа устройств электроснабжения в результате регулирования режимов.

Величину экономического ущерба, связанного с остановкой поездов вследствие перерывов в электроснабжении можно определить так

$$Y_{\text{ост}} = \sum N_{\text{з.гр}} \cdot C_{\text{ост.гр}} + \sum N_{\text{з.пс}} \cdot C_{\text{ост.пс}} , \quad (12)$$

где $\sum N_{з.гр}$, $\sum N_{з.пс}$ – число поездов, которые были задержаны (грузовых и пассажирских соответственно) при заданных параметрах потока поездов;

$C_{ост.гр}$, $C_{ост.пс}$ – стоимость остановки грузового и пассажирского поезда [4,5].

Величину экономического ущерба от ненадёжности регулировочных устройств во время осуществления регулирования режимов систем тягового электроснабжения можно определить по (13), где каждая из четырёх составляющих будет учитывать материальные затраты на восстановление работоспособности элемента. Затраты труда на выполнение операций по восстановлению работоспособности элементов могут быть определены по [6]. Стоимость отдельных операций рассчитывается по типовым калькуляциям работ.

С другой стороны, общий ущерб можно разбить на четыре составляющие по типу регулирующих воздействий:

$$Y = Y_U + Y_{пт} + Y_{тт} + Y_{кс} , \quad (13)$$

где Y_U – составляющая ущерба, вызванная ненадёжностью силового оборудования, задействованного в регулировании напряжения на шинах тяговых подстанций;

$Y_{пт}$ – составляющая ущерба, вызванная ненадёжностью силового оборудования, задействованного в переключении понизительных трансформаторов на параллельную работу;

$Y_{тт}$ – составляющая ущерба, вызванная ненадёжностью силового оборудования, задействованного в переключении преобразовательных агрегатов тяговых подстанций на параллельную работу;

$Y_{кс}$ – составляющая ущерба, вызванная ненадёжностью силового оборудования, задействованного в переключении схем питания контактной сети.

Стоимость отказа каждого элемента системы электроснабжения, который задействован в процессе регулирования режимов, можно рассчитать по следующему выражению:

$$Y = \sum_{i=1}^m C_i P_i t_{отк} , \quad (14)$$

где C_i – средняя стоимость часа отказа для i - того состояния отказа элемента;

$t_{отк}$ – продолжительность периода, в котором рассчитывается ущерб от отказа;

m – общее число состояний, в которых присутствует отказ.

В том случае когда в системе применяются различные методы резервирования, т.е. когда имеются резервные элементы в системе, ущерб от отказа может быть рассчитан по следующему выражению:

$$Y = \sum_{i=1}^{m_1} C_i P_i t_{отк1} + \sum_{i=1}^{m_2} C_i P_i t_{вр} , \quad (15)$$

где C_i – стоимость часа отказа системы (элемента), грн./ч.

m_1 – число состояний с отказом, в которых количество отказавших элементов превосходит число резервных элементов;

m_2 – число состояний с отказом, в которых число отказавших элементов не превосходит число резервных элементов;

$t_{вр}$ – время, в течение которого происходит ввод резервных элементов в работу.

Очевидно, что доля второго слагаемого в выражении (15) меньше, чем первого слагаемого. Если время ввода в работу резервных элементов достаточно мало, то вторым слагаемым можно пренебречь.

Величина C_i представляет собой среднюю величину за время длительности отказа. Ущерб в данном случае возникает из-за перерыва в электроснабжении. В общем случае ущерб от перерыва в электроснабжении будет зависеть не только от длительности интервала времени, в течении которого ликвидировался отказ, но и от положения этого интервала на оси времени. При одноставочных тарифах на электроэнергию величина ущерба от отказа i -го элемента может быть рассчитана по известному тарифу на электроэнергию и средней продолжительности перерыва в электроснабжении

$$C_i = \frac{C_{\text{э}}}{t_{\text{отк}}} \sum_{l=1}^k S_l t_l, \quad (16)$$

где $C_{\text{э}}$ – величина одноставочного тарифа на электроэнергию;

S_l – потеря мощности в l -м интервале;

t_l – продолжительность l -го интервала;

k – общее количество интервалов.

$$t_{\text{отк}} = \sum_{l=1}^k t_l, \quad (17)$$

Для учёта экономического ущерба от возможных отказов при регулировании режимов СТЭ необходимо прежде всего описать все возможные ситуации, которые могут возникнуть при регулировании, определить степень риска, просчитать стоимость операций по ликвидации отказов, стоимость остановки или простоя поездов в пути следования (для отказов, связанных с фактами простоя или остановки поездов). Все возможные ситуации заносим в табл.

Таблица – Экономические риски от возможных отказов

Ситуация	Описание рассматриваемого отказа	Суммарный параметр потока отказов, $\omega(t)$, 1/перекл.	Стоимость операции по восстановлению ресурса (замены), грн.
1	2	3	4
Переключение понизительных трансформаторов на параллельную работу (или в обратном направлении)	Восстановление (ремонт) выключателя переменного тока	0,008	2 400
Переключение преобразовательных трансформаторов на параллельную работу	Восстановление (ремонт) выключателя переменного тока или быстродействующего выключателя постоянного тока	0,029	2 400
Регулирование напряжения на шинах тяговой подстанции при однотрансформаторной схеме	Восстановление (ремонт) устройств РПН	$5,71 \cdot 10^{-5}$	30 000

1	2	3	4
Регулирование напряжения на шинах тяговой подстанции при двухтрансформаторной схеме	Восстановление (ремонт) устройств РПН, ввод в работу резервного питания	Может быть рассчитан по формуле $\omega(t) = \frac{Q'(t)}{P(t)}$	Возможна задержка поездов или прекращение движения в некоторых случаях
Переключение со схемы двухстороннего питания на схему параллельного питания (и обратно)	Восстановление (ремонт) выключателей постоянного тока на пункте параллельного соединения (ППС) или poste секционирования (ПСК)	0,2	9 600
Переключение со схемы узлового питания на схему параллельного питания (и обратно)	Восстановление (ремонт) выключателей постоянного тока на ППС или ПСК	0,1	4800
Переключение со схемы двухстороннего питания на схему узлового питания	Восстановление (ремонт) выключателей постоянного тока на ППС или ПСК	0,1	4800

Вывод. Предложенная модель экономического ущерба от возможных отказов системы тягового электроснабжения позволяет определить величину ущерба для разных ситуаций, которые связаны с регулированием режимов. Для каждой элементарной ситуации данная модель предусматривает представление ущерба в виде произведения вероятности отказа на стоимость операции по восстановлению (замены) оборудования, которое утратило работоспособность. Среднюю величину указанных сомножителей рекомендовано получать в условиях эксплуатации по заводским инструкциям и калькуляциям работ соответственно.

Список литературы: 1. Аналіз роботи господарства електрифікації та електропостачання в 2010 році [Текст] / .-К. Державна адміністрація залізничного транспорту, 2011.-244с. 2. Гусарова, Е.В. Экономическое обоснование эффективности проектных решений и внедрения новой техники на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. пособие / Е.В. Гусарова.-Хабаровск:Изд.-во ДВГУПС, 2008.-157с. 3. Кузнецов, В.Г. Учёт надёжности систем тягового электроснабжения при регулировании их режимов [Текст] / В.Г. Кузнецов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.-2012.-№3/8 (57).-С.20-24. 4. Рекомендації з техніко-економічних розрахунків окремих показників експлуатаційної роботи залізниць. ЦД-0037: Затв. Наказом Укрзалізниці від 18.06.2001 № 329-Ц [Текст] / розроб. О.Ф. Вергун, Л.Ю. Гаркуша.-К. Транспорт України, 2001.-64с. 5. Практичні рекомендації з технологічного-економічного управління експлуатаційною роботою залізниць. ЦД-0068 : Затв. Наказом Укрзалізниці від 10.11.2006 №412-Ц [Текст] / розроб. В.О. Шини.-К.:Мін-во трансп. та зв'язку України. Держ. адмін. заліз. трансп. України. Укрзалізниця. Голов. упр. перевезень, 2007.-56с. 6. Технологічні карти з капітального, поточного ремонтів і профілактичних випробувань специфічного обладнання тягових підстанцій електрифікованих залізниць [Текст] / розроб. ВАТ „Укртранспроект”.-К.:Укрзалізниця. Головне управління електрифікації та електропостачання, 2008.-107с.

Поступила в редколлегию 02.06.2013

УДК 621.331

Модель экономического ущерба от ненадёжности силового оборудования, участвующего в регулировании режимов системы тягового электроснабжения/ Кузнецов В. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.135-140. – Бібліогр.: 6 назв.

У даній статті на основі інформації про сумарну величину потоку відмов і типових калькуляцій робіт по усуненню наслідків відмов розроблено модель економічного збитку від можливих відмов при здійсненні регулювання режимів в системі електропостачання тяги поїздів.

Ключові слова: система електропостачання тяги поїздів, економічний збиток, відмова, регулювання режимів.

This article presents the model of economic damage from possible failures during regimes regulation of power traction supply systems on the basis of information on the overall failure rate and standard price calculations of works.

Keywords: railway power supply system, economic damage, failure, regulation of regimes

УДК 691321.25

Н. В. ЗАХАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., зав. каф., ОНАС, Одесса;

М. М. ГАДЖИЕВ, канд. техн. наук, доц., ОНАС, Одесса;

Е. М. МАТИНОВА, канд. техн. наук, доц., ОНАС, Одесса;

С. И. ЛИСЕНКО, инженер, ОНАС, Одесса

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОРРЕКТИРУЮЩИХ БЛОКОВЫХ ТАЙМЕРНЫХ КОДОВ В АДАПТИВНЫХ СИСТЕМАХ С РЕШАЮЩЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Проведены исследования и экспериментально установлено, что применение избыточных таймерных кодов, вместо позиционного обнаруживающего ошибки блочного кодирования в системах с решающей обратной связью современных городских телефонных сетей позволяет повысить пропускную способность каналов на всем интервале связи без потери качества информации.

Ключевые слова: таймерные сигнальные конструкции, канал модели Гильберта, отношение сигнал/шум, скорость передачи.

Введение. Известно, что скорость передачи информации в системах с решающей обратной связью (РОС) при разрядно-цифровом кодировании (РЦК) определяется как [1]

$$V_{\kappa} = \frac{m}{n} \cdot \frac{(1-P_3)^n + P_3}{1 + N_{\kappa} [1 - (1-P_3)^n - P_3]}, \quad (1)$$

где m - число информационных элементов в избыточном блочном коде; n - общее число элементов в кодовой комбинации, обнаруживающей ошибки ($n = m + r$; r - число избыточных элементов); P_3 - вероятность ошибочного приёма элемента; N_{κ} - число кодовых слов, повторяемых передатчиком по запросу принимающей стороны для исправления ошибки.

По аналогии с помехоустойчивыми кодами избыточность в адаптивных передающих системах (АПС) можно характеризовать коэффициентом полной избыточности [2]

$$R_{uo} = \frac{\bar{n}_0 - m}{\bar{n}_0}, \quad (2)$$

где $\bar{n}_0$ - среднее число кодовых элементов длительностью t_0 , затрачиваемых в обоих каналах на передачу m информационных элементов. При нулевой пропускной способности обратного канала $\bar{n}_0 = \bar{n}_1$, где $\bar{n}_1$ - среднее число кодовых символов, затрачиваемых в прямом канале на передачу m единиц информации. При отсутствии

повторения $\overline{n_1} = n$ и $R_{uo} = R_u$. При этом величина R_{uo} зависит от типа обратной связи и логики работы системы

Цель работы. Целью работы является анализ и исследование влияния на качество и скорость передачи информации по каналам адаптивных систем с решающей обратной связью применяемых для этого методов и алгоритмов кодирования.

Методика экспериментов. На действующих адаптивных системах передачи с решающей обратной связью городских телефонных сетей г. Одессы и Николаева экспериментально были исследованы каналы связи с частотной модуляцией с эффективной полосой $\Delta F = 1000$ Гц при скорости модуляции $B = 100$ Бод ($t_0 = 1$ мс). Длительность кодовых слов составляло $T_c = 8t_0$, с четырьмя моментами модуляции. Измерения проводились с учетом влияния гауссового шума и импульсных помех.

Обсуждение результатов. Оценим значение коэффициента полной избыточности при условии, что в качестве прямого канала в системе с РОС используется канал ГТС, распределение ошибок в котором соответствует табл. 1

Таблица 1 - Удельный вес кратности ошибок в ошибочных кодовых словах

$P_s(\geq 1, n)$	1	2	3	4	5	6	7	8
$2,3 \cdot 10^{-3}$	0,58	0,32	0,06	0,02	0,015	0,002	0,0015	0,0005

Предположим, что код должен обнаруживать ошибочные кодовые слова кратности $t_{ош} \leq 5$. Следовательно остаточная вероятность ошибки ($t_{ош} > 5$) при использовании простого -элементного кода составит

$$P_{ост} = P_s(6) + P_s(7) + P_s(8) = 4 \cdot 10^{-3}.$$

Средняя кратность ошибочных элементов в ошибочных кодовых словах равна [4]

$$\bar{t}_{кр} = \sum_{i=1}^8 C_i^8 \cdot P_{ys} \cdot i, \quad (3)$$

где P_{ys} - удельный вес ошибок кратности i . Подставив в (3) данные табл. 1, получим

$$\bar{t}_{кр} = 0,58 \cdot 1 + 0,32 \cdot 2 + 0,06 \cdot 3 + 0,02 \cdot 4 + 0,015 \cdot 5 + 0,002 \cdot 6 + 0,0015 \cdot 7 + 0,0005 \cdot 8 = 1,5815, \text{ элемента.} \quad (4)$$

В работе [3] установлена аналитическая зависимость $\bar{t}_{кр}$ и коэффициента группирования α

$$\alpha = \frac{\ln \bar{t}}{\ln n}. \quad (5)$$

Для полученного значения $\bar{t}_{кр}$ коэффициент группирования будет равен

$$\alpha = \frac{\ln 1,5815}{\ln 8} = 0,22, \quad (6)$$

что характеризует данный канал как канал модели Гильберта [4], имеющей два состояния с относительными значениями времени:

– канал в “хорошем” состоянии, время существования которого $t_x \geq 0,995$ от общего времени передачи ($T_{пер}$);

– канал в “плохом” состоянии, для которого $t_n \leq 0,005 T_{пер}$.

В таблице 2 приведены удельные значения потерь на повторения в радиорелейном телефонном канале ($-\delta$) для избыточных кодов длиной $n \in 15; 31; 63; 127$.

Таблица 2 – Потери на повторения в радиорелейном телефонном канале

n	m	$R=m/n$ (расчетная)	$R=m/n$ (экспериментальная)	$-\delta$
15	8	0,53	0,527	0,003
31	24	0,77	0,765	0,005
63	56	0,88	0,874	0,006
127	120	0,944	0,903	0,04

Из табл. 2 следует, что потери на повторения составляют $\delta < 0,1 \%$.

Известно, что число проверочных элементов в кодовых конструкциях определяется согласно теореме синтеза избыточных кодов [5], которая формулируется следующим образом: если при заданных параметрах n , m и d_0 выполняется неравенство

$$2^{n-m} \geq \sum_{i=0}^{d_0-2} C_{n-1}^i, \quad (7)$$

то существует (n, m, d_0) код, который реализуется с помощью не более $n - m$ проверок на четность”. Именно число проверок определяет число избыточных элементов r .

В приложениях [4] рассчитаны значения числа проверочных элементов при известных m и d . Так для $m = 8$ и $d = t_{\text{обн}} + 1 = 5 + 1 = 6$ количество проверочных элементов $r = 13$. Получаем циклический код (21, 8) с эффективностью $R = \frac{8}{13+8} = 0,38$.

Оценим эффективность использования таймерных сигнальных конструкций (ТСК) для уменьшения потерь в скорости передачи [5]. В ТСК информация о предыдущем символе содержится в длительностях нескольких отдельных временных отрезков сигнала t_c на интервале конструкции T_c и их взаимном положении. С целью уменьшения межсимвольных искажений длительность отрезков берется не менее найквистового интервала $t_c = t_0 + k\Delta$ ($k \in 0, 1, \dots, I$). Временной отрезок Δ показывает часть единичного элемента $t_0 > \Delta = \frac{t_0}{s}$ и определяется как помехами в канале, так и допустимой вероятностью ошибочного приёма сигнальной конструкции в “хорошем” состоянии канала ($s \in 2, 3, 4, \dots$).

С целью уточнения соотношения (сигнал/помеха) в “хорошем” состоянии были проведены измерения числа выбросов сдвигов значащих моментов восстановления (ЗМВ) за величину двух фиксированных зон ($\Delta_1 = \frac{t_0}{14}$, $\Delta_2 = \frac{t_0}{25}$) при работе по каналу ГТС с частотной модуляцией с эффективной полосой $\Delta F = 1000$ Гц при скорости модуляции $B = 1000$ Бод ($t_0 = 1$ мс). В таблице 3 приведены результаты одного фрагмента одновременных измерений числа сдвигов ЗМВ за указанные зоны на каналах Одесской ГТС. При этом передавались кодовые слова длительностью $T_c = 8t_0$, которые имеют по четыре момента модуляции.

Таблица 3 – Результаты одного фрагмента одновременных измерений числа сдвигов ЗМВ при $T_c = 8t_0$

Величина зоны Δ , %	Число кодовых слов $N_{\text{КС}}$	Число моментов модуляции $N_{\text{ММ}}$	Число выбросов $N(\theta > \Delta)$	$P_{\text{в}}$	σ_c
7,14	73676	294704	326	$1,106 \cdot 10^{-3}$	2,41
4	73676	294704	6982	$2,3 \cdot 10^{-2}$	1,96

Значения среднеквадратического отклонения σ_c значащих моментов воспроизведения (ЗМВ) были определены на основе измерений таблицы 3 через интеграл вероятностей [6]

$$\left. \begin{aligned} P_z &= \frac{N(\theta > \Delta)}{N_{\text{нсп}}} = 1 - 2\Phi(z); \\ \Phi(z) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz; \\ z &= \frac{\Delta}{\sigma_c}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Так как в процессе измерений в “хорошем” состоянии канала на сигнал влиял гауссовый шум, а также прерывания и импульсные помехи (канал коммутируемый), число которых за время измерения более сотни, то более близким к реальному

значение следует считать то значение, при котором число выбросов на много больше числа прерываний (занижений) сигнала в коммутируемом канале, т.е. при

. В результате расчетов для указанного значения было получено среднеквадратическое отклонение ЗМВ на выходе канала в «хорошем» состоянии [].

Учитывая функциональную зависимость среднеквадратического отклонения и отношения сигнал/шум для канала с ЧМ [5]

$$\sigma = \frac{1}{4h}, \quad (9)$$

то можно утверждать, что на интервале “хорошего” состояния соотношение сигнал/шум $h \geq 10$. Следовательно, в “хорошем” состоянии канала даже при некогерентном приеме вероятность ошибочного приёма элемента составит [3] $P_{\text{ex}} < (10^{-8} \div 10^{-9})$.

Если в “плохом” состоянии вероятность ошибки стремится к 0,5, то средняя вероятность ошибочного приёма на выходе канала

$$\bar{P} = k_n \cdot P_{\text{en}} + k_x \cdot P_{\text{ex}} = 0,01 \cdot 0,5 + 0,99 \cdot 10^{-8} = 5 \cdot 10^{-3}, \quad (10)$$

где k_n, k_x – относительные величины времени “плохого” и “хорошего” состояний канала.

Следовательно, полученные значения P_{ex} и P_{en} подтверждают, что исследуемый

канал описывается моделью Гильберта.

С целью проверки уровня помех в “хорошем” состоянии канала и оценки устойчивости нуль-переходов в “плохом” состоянии канала на интервале $m = 8$

было синтезировано множество таймерных сигнальных конструкций,

удовлетворяющих условию качества (11) по модулю $A_0 = 19$ при коэффициентах $A_1 = 2; A_2 = 3; A_3 = 7$ при постоянном количестве ЗММ $i = 3$ и $S=7$. То есть уравнение качества имеет вид

$$2x_1 + 3x_2 + 7x_3 = 0(mod 19). \quad (11)$$

Результаты передачи одного фрагмента по каналам Николаевской ГТС представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Передача одного фрагмента кодовых конструкций, удовлетворяющих условию уравнения качества, по каналам Николаевской ГТС

	Количество кодовых конструкций (КК)	Отношение всех КК к общему числу переданных символов, %	Отношение ошибочно принятых КК к общему числу неверно принятых символов, %
Передано	90000	100 %	-
Принято верно ($i=3$, удовлетворяющих условию качества (11))	89349	99,28 %	-
Всего принято с ошибками	651	0,72 %	100 %
Принято со смещением 1-го ЗМВ на величину 1-го Δ	518	0,58 %	79,57 %
Принято с изменением числа ЗМВ ($i \neq 3$)	129	0,14 %	19,82 %
Из них конструкций, в которых:	14	0,016 %	2,1 %
- 1-н из полученных ЗМВ совпал с переданным;	53	0,059 %	8,14 %
- 2-а из полученных ЗМВ совпало с переданными;	62	0,069 %	9,52 %
- 3-и из полученных ЗМВ совпало с переданными			
Принято кодовых слов с числом ЗМВ $i=3$ при невыполнении условия (11)	4	0,004 %	0,61 %

Как видно из табл. 4 основная доля ошибок припадает на конструкции, принятые со смещением одного ЗМВ в пределах зоны Δ , вероятность же смещения одновременно двух и более переходов гораздо меньше.

Зная вероятность того, что в кодовом слове сместится только один ЗМВ на величину 1 Δ среднеквадратическое отклонение ЗМВ составит

$$P_{см} = 1 - 2\Phi\left(\frac{1,5\Delta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{0,5\Delta}{\sigma}\right) = \frac{518}{4 \cdot 90000} = 1,43 \cdot 10^{-3}, \quad (12)$$

следовательно $\Phi\left(\frac{0,5\Delta}{\sigma}\right) = 0,4992$; $\Phi(z) = 0,4992$; $z = 3,2$, откуда $\sigma = \frac{0,5\Delta}{z} = \frac{0,1428}{2 \cdot 3,2} = 0,022$.

Выводы. Использование избыточных таймерных кодов в системах с решающей обратной связью вместо позиционного обнаруживающего ошибки блочного кодирования позволяет получить выигрыш по скорости передачи информации практически без потери её качества.

Список литературы: 1. Зюко, А. Г. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации [Текст] / А. Г. Зюко, А. И. Фалько, И. П. Панфилов, В. Л. Банкет, П. В. Иващенко – М. Радио и связь, 1985, - 272 с. 2. Блейкут, Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки [Текст] / Р. Блейкут – М. Мир, 1986. – 576 с. 3. Захарченко, В. Н. Методы повышения эффективности использования каналов связи [Текст] / В. Н. Захарченко, В. П. Гайда, А. П. Улеев, А. И. Липчанский – К.:Техника, 1998. – 248 с. 4. Захарченко, Н. В. Повышение эффективности блочного кодирования при работе по нестационарным каналам связи [Текст] / Н. В. Захарченко, С. М. Горохов, В. Н. Захарченко, М. М. Гаджиев, А. С. Крысько, М. А. Мамедов, Н. С. Салманов - Баку: “ЭЛМ”, 2009. – 362 с. 5. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] / Г. Корн, Т. Корн – М. «Наука», 1988, -720. 6. Захарченко, Н. В. Системы передачи данных [Текст] / Н. В. Захарченко – Одеса: Фенікс, 2009. – 448 с.

Поступила в редколлегию 02.06.2013

УДК 691321.25

Эффективность применения корректирующих блочных таймерных кодов в адаптивных системах с решающей обратной связью / Захарченко Н. В., Гаджиев М. М., Мартынова Е. Н., Лысенко С. И. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 38 (1011). – С.140-145. – Бібліогр.: 6 назв.

Проведені дослідження та експериментально встановлено, що використання надлишкових таймерних кодів, замість позиційного виявляючого помилки блочного кодування в системах з вирішальним зворотнім зв'язком сучасних міських телефонних мереж дозволяє підвищити пропускну здатність каналів на усім інтервалі зв'язку без втрати якості інформації.

Ключові слова: таймерні сигнальні конструкції, канал моделі Гільберта, відношення сигнал/шум, швидкість передачі.

Studies and experimentally found that the use of redundant timer code instead positional error detecting block coding in systems with critical feedback modern urban telephone networks can increase throughput on all channels of communication range without loss of quality information.

Keywords: timer signal design, channel models Gilbert, the signal / noise rate.

УДК 004.827:504.5

О. Н. ЗЕМЛЯНСКИЙ, доц., Академия пожарной безопасности
им. Героев Чернобыля, Черкассы

В. Е. СНИТЮК, д-р техн. наук, проф., зав. каф., ЧГТУ, Черкассы

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ «ТЯЖЕЛОГО ГАЗА» ПОСЛЕ ЗАЛПОВОГО ВЫБРОСА

Рассмотрена проблема определения концентрации «тяжелого газа» после залпового выброса. Показано, что доаварийное построение модели для прогнозирования его концентрации является необходимым условием своевременного и адекватного принятия решений. Предложена технология уточнения такой модели по результатам нескольких измерений в послеаварийный период.

Ключевые слова: химическая авария, «тяжелый газ», концентрация, нечеткая нейросеть, прогнозирование.

Введение. Химические аварии последних десятилетий в мире и в Украине являются следствием развития химической промышленности, ростом спроса на ее продукцию, изношенностью основных фондов, а также стремлением к увеличению объемов производства из-за уменьшения нормы прибыли. Сотни и тысячи погибших, десятки тысяч пострадавших, экологический ущерб являются причиной роста научных исследований процессов химического заражения местности вследствие аварий и выброса опасных химических веществ. Важным направлением таких исследований является прогнозирование концентрации опасных химических веществ (ОХВ). Важным направлением таких исследований есть прогнозирование концентрации ОХВ и построение диаграмм концентрации ОХВ на местности для определенных моментов времени. Важно заметить, что решение соответствующей задачи является результатом интегрального эффекта учета общих моделей концентрации ОХВ и частных факторов учета особенностей окружающей среды для химических предприятий, дорог или других объектов, связанных с производством, транспортировкой или хранением ОХВ.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Аварии на химических предприятиях несут большую опасность, поскольку поражающее действие ОХВ проявляется при малых их концентрациях, а скорость распространения является сравнительно высокой. Адекватность и своевременное принятие решений в таких условиях будет способствовать уменьшению количества жертв и пострадавших, проведению соответствующих мероприятий. Их основанием является своевременное прогнозирование динамики концентрации ОХВ на местности. Известно, что распространение ОХВ характеризуется размером зоны поражения и скоростью перемещения опасного облака. В среднем, такое облако перемещается со скоростью ветра, что несколько упрощает расчеты. Прогнозирование концентрации ОХВ сопровождается значительной неопределенностью [1]. Для количественного описания процесса распространения ОХВ сегодня известны три подхода [2], базирующиеся на использовании:

- гауссовских или дисперсионных моделей;
- моделей рассеяния, в которых используются интегральные законы сохранения в облаке в целом при залповом выбросе, сюда же включаются модели

- «тяжелого газа»;
- моделей прямого численного моделирования.

В гауссовских моделях вводят эвристики, заключающиеся в эмпирическом определении коэффициентов, описывающих атмосферную турбулентность. Сами модели описывают два процесса в атмосфере – перемещение в поле ветра и рассеяние за счет атмосферной турбулентности. Недостатком таких моделей является недостаточная точность вблизи места выброса при сильном выбросе.

Поведение ОХВ при выбросе намного сложнее, чем это представляется в гауссовских моделях, поскольку не учитываются наведенные течения и высокая плотность вещества. Поэтому за рубежом были разработаны специальные модели, в которых учитывались соответствующие особенности ОХВ ("тяжелый газ") и названы моделями рассеяния "тяжелого газа". Известны реализации таких моделей: методика Всемирного банка [3], HGGYSTEM [4], предложенные в ГОСТ Р12.3.047-98 [5], методика РД 52.04.253-90 [6]. Общим недостатком таких методов являются завышенные реальные последствия аварий.

Газодинамические модели являются сложными при реализации. Трудоемкость их реализации вступает в противоречие с целесообразностью и позитивным эффектом [2, 7, 8]. Некоторые преимущества по сравнению с указанными моделями обладает методика "ТОКСИ - 3", описанная в [9]. Реализованные в ней модели базируются на описании рассеяния "тяжелого газа" и использовании интегральных представлений. Такая композиция позволяет ненамного превысить время расчетов по сравнению с гауссовскими моделями, но значительно повысить их точность.

Анализ моделей указанных трех классов, позволяет прийти к заключению о теоретической целесообразности их построения и рациональности использования для предварительной, грубой оценки.

Каждое химическое предприятие или маршрут транспортировки ОХВ имеет особенности, которые в исследованных моделях не могут быть учтены. К ним относятся: рельеф местности, сооружения, насаждения, транспортные потоки и т.п. Неопределенность, которую вносят такие объекты и системы, в процесс определения концентрации ОХВ в послеаварийный период не позволяет осуществлять адекватное прогнозирование и, соответственно, проводить необходимые измерения по спасению населения и минимизации экологического ущерба.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является уменьшения неопределенности при прогнозировании концентрации ОХВ в доаварийный период в потенциально опасной области, а также уточнение модели концентрации ОХВ в послеаварийный период на основании нескольких измерений. Достижение цели исследования связано с решением ряда задач, а именно:

- определение особенностей движения первичного облака и изменения концентрации ОХВ;
- структурная идентификация модели для определения концентрации ОХВ в зоне потенциального заражения;
- параметрическая оптимизация модели как результат обучения;
- уточнение и переобучение модели с учетом измеренных значений послеаварийный период.

Решение указанных задач, учитывая локальный характер пространственного положения потенциальных мест аварии, позволит осуществить упреждающее моделирование последствий аварии, где бы она не произошла, получить поле

концентрации ОХВ для любого момента времени от возникновения аварийной ситуации. Поскольку априорно полученная модель может давать смещенные результаты из-за неправильно измеренных или указанных данных, следствием чего являются неправильно установленные ее параметры, то необходимо осуществлять их коррекцию. Для этого после аварии осуществляем измерение концентрации в одной или нескольких точках (что и делается на практике) и по результатам анализа осуществляется коррекция и, возможно, переобучение модели. Уточненная модель является основой прогнозирования и используются для анализа типа "Если А, то ..." и принятия решений.

Особенности движения первичного облака и определения концентрации ОХВ. Под "тяжелым газом" понимают ОХВ, плотность которых в момент выброса превышает плотность воздуха. Наиболее распространенными представителями "тяжелых газов" являются хлор и аммиак. Хлор из-за высокой молярной массы, а аммиак – в случае капельных включений в смеси. При выбросе "тяжелого газа" образуются облака, высотой в несколько метров и поперечным размером в несколько сотен метров (максимально). Движение облака может задерживаться из-за шероховатости поверхности, под которой понимают наличие растительности и других помех на пути облака. Определение и учет коэффициента шероховатости – эмпирическая процедура, результаты его определения впоследствии оказывают влияние на прогнозирование концентрации ОХВ. Заметим также, что полученные и описанные результаты моделирования имеют скорее теоретический характер, поскольку их верификация проводится в сравнении с результатами опытов, проведенных, в основном, за рубежом. Отличием этих опытов было отсутствие жилой застройки, низкая шероховатость местности, некоторые эксперименты проводились над поверхностью моря. Очевидно, что экстраполяция разработанных методов на реальную ситуацию и потенциальные места аварий в Украине должна была бы выполняться с учетом указанных особенностей, но практически осуществить коррекцию моделей оказывается невозможным.

Идентификация модели для определения концентрации ОХВ. Большая вариабельность факторов, сопровождающих аварии, неопределенность исходной информации, не позволяют адекватно использовать гауссовские модели. В доаварийный период при наличии вычислительных ресурсов рационально осуществить моделирование последствий возможных аварий с отображением зон концентрации ОХВ и занесением соответствующей информации в базу данных. В качестве модели выберем нейро-нечеткую сеть ANFIS [10], позволяющую осуществлять обработку экспертных заключений и идентификацию неизвестных зависимостей. Начальными данными для обучения сети будут табличные данные, которые являются синергетическим результатом знаний и опыта эксперта, использования известных методик и программных систем. Строки в таблице соответствуют реперным точкам, характеризующим аварию. Кортежи таблицы исходных данных имеет вид:

$$BD_1 = \langle x_0, y_0, z_0, t_0, V, v, u, S \rangle, \quad (1)$$

где (x_0, y_0, z_0) – координата точки аварии, t_0 – время возникновения аварии, V – общий объем выбросов, v – объемная скорость выброса, u – скорость ветра, S – стабильность атмосферы по Пасквилу.

По данным таблицы BD_1 необходимо получить другую таблицу

$$BD_2 = \langle x, y, z, t, C \rangle, \quad (2)$$

где (x, y, z) – координата точки, в который в момент времени t концентрация ОХВ будет равна C . Тем самым необходимо осуществить отображение

$$BD_1 \rightarrow BD_2. \quad (3)$$

Осуществить отображение (3) возможно, используя нечеткие продукционные правила такого типа:

$$\begin{aligned} &\text{Если } x_0 \in A_1^1 \& y_0 \in A_2^1 \& z_0 \in A_3^1 \& t_0 \in A_4^1 \& V \in A_5^1 \& v \in A_6^1 \& \\ &\& u \in A_7^1 \& S \in A_8^1 \& x \in A_9^1 \& y \in A_{10}^1 \& z \in A_{11}^1 \& t \in A_{12}^1, \text{ то } C \in C^1, \\ &\text{Если } x_0 \in A_1^n \& y_0 \in A_2^n \& z_0 \in A_3^n \& t_0 \in A_4^n \& V \in A_5^n \& v \in A_6^n \& \\ &\& u \in A_7^n \& S \in A_8^n \& x \in A_9^n \& y \in A_{10}^n \& z \in A_{11}^n \& t \in A_{12}^n, \text{ то } C \in C^n, \end{aligned} \quad (4)$$

где $A_i^j, \tilde{N}^j$ – нечеткие множества с соответствующими функциями принадлежности $\mu_{A_i^j}(x)$, $i = \overline{1, 12}$, $j = \overline{1, n}$.

Известно, что системой типа (4), можно как угодно точно аппроксимировать непрерывную функцию [11]. Функции принадлежности, учитывая предположение о характере изменения концентрации ОХВ, являются гауссовскими $\mu(z) = \exp[-(z - a)^2 / 2\delta^2]$, где a и δ – параметры. В выражении (4) таких параметров $12n$. Каждое продукционное правило в (4) соответствует одному заключению эксперта о варианте возникновения аварии и точке определения концентрации ОХВ. Подавая на вход сети ANFIS данные из базы BD_1 , на выходе необходимо получить данные из BD_2 . Для определения соответствующего преобразования обучим нейронечеткую сеть с использованием одного из методов: генетического алгоритма, градиентного метода или гибридного метода, в котором интегрированы градиентный метод и метод наименьших квадратов. Осуществляя параметрическую идентификацию модели (обучение ANFIS), используем первую часть выборки или таблицы BD_1 , которую и называют обучающей. Вторая часть выборки, называемая контрольной, используется для проверки качества обучения по критерию минимума среднеквадратической ошибки. Если качество модели оказывается неприемлемым, то, учитывая случайный выбор начальных значений весовых коэффициентов, осуществляем переобучение модели.

Предположим, что модель

$$C = F(x_0, y_0, z_0, t_0, V, v, u, S, x, y, z, t) \quad (5)$$

получена. Зависимость (5), определяемая нейросетью ANFIS, может быть использована для построения полей концентрации ОХВ в зависимости от начальных значений параметров аварии и окружающей среды, а также для анализа чувствительности концентрации ОХВ к изменениям параметров аварии. Модель (5) является основной рабочей моделью в доаварийный период.

После аварии адекватное использование модели может быть гарантировано только после ее верификации. Предлагаем осуществлять ее таким образом. На первом шаге необходимо определить правильно ли были заданы исходные значения в (5), если это не так, то необходимо установить, какие именно значения измерены или определены неправильно и осуществить коррекцию. Для этого производится измерение концентрации в нескольких точках и на их основании по разработанным ранее правилам осуществляется ее перерасчет. Возможен случай, когда начальные

значения параметров аварии определены правильно, но на выходе нейросети значение концентрации значительно отклоняется от измеренного значения. Очевидно, что такая модель параметрически неправильно идентифицирована. Тогда некоторые строки в базе данных BD_1 необходимо удалить, а на их место записать данные, соответствующие результатам эксперимента и переобучить нейросеть. Отметим, что такое переобучение займет намного меньше времени, чем полное обучение на всех образах из BD_1 .

Экспериментальные данные и их обработка. Очевидно, что верификация предложенной технологии должна опираться на результаты экспериментов, проведение которых в силу поражающих характеристик «тяжелых газов» является проблематичным, а то и невозможным. Поэтому были использованы результаты опытов по рассеянию фреона-12, которые проводились в 1982/83 гг. на открытом пространстве в местечке Торней-Айлэнд (Thorney Island) в Англии. Известно, что там было осуществлено около двух десятков залповых выбросов газообразного фреона-12, как чистого, так и разбавленного воздухом. Облако газа после выброса имело форму цилиндра, объем которого составлял около 2000 куб. м. Основные характеристики выбросов и условий рассеяния были такими: процент фреона-12 – 24%, скорость ветра 3,5%, стабильность атмосферы по Пасквилу – Е. Значения концентрации фреона по оси ветра приведены в табл.

Таблица - Результаты эксперимента на Торней Айлэнд

X, м	70	100	150	180	220	350	500
C, % об	3,1	1,35	0,8	0,6	0,45	0,28	0,14

Для построения модели были использованы данные, полученные вследствие 64 экспертных заключений на основании опыта, знаний и результатов моделирования с помощью системы ALOHA, с использованием различных значений начального объема газа, процента его разбавленности, скорости ветра и стабильности атмосферы по Пасквилу, преобразованной к численному виду. В эксперименте также предполагалось, что до 500 м от источника аварии условия внешней среды совпадали с условиями на Торней Айлэнд, а после 500 м – учитывалась застройка и насаждения.

После обучения нейро-нечеткой сети типа ANFIS с нечетким выводом в форме Цукамото на 50 образах и верификации модели на 14 контрольных точках по результатам 10 запусков установлено, что средняя относительная ошибка составила 28%, что является неприемлемым значением для использования при прогнозировании концентрации ОХВ. Далее была произведена замена трех строк в таблице данных, которые на взгляд эксперта вносили наибольшую смещенность в модель, на строки, соответствующие концентрации фреона на расстоянии 70, 180, 220 и 500 м в опытах на Торней Айлэнд. Сеть была переобучена. На контрольных точках, соответствующих расстоянию от центра аварии на Торней Айлэнд в 100, 150, 350 м средняя относительная точность составила 1,7%, а для точек, находящихся за чертой в 500 м, точность составила 3,6%. Полученные результаты свидетельствуют о высокой точности модели, а также о применимости предложенной технологии для прогнозирования концентрации ОХВ и возможного уточнения моделей.

Выводы. Химическая безопасность населения в последние годы приобретает приоритетное значение. Ее повышение связано с необходимостью прогнозирования

будущих аварий, их последствий. Невозможность физического моделирования химических аварий не позволяет детально изучать возможные их масштабы и последствия. Кроме того, каждый химический объект имеет индивидуальные особенности, которые оказывают непосредственное влияние в случае аварии на процессы ее протекания. И здесь незаменимым является моделирование аварий и прогнозирование их последствий. Предложенная технология позволит строить в доаварийный период поля концентрации ОХВ, а в случае аварии использовать эту информацию для принятия решений. Метод уточнения соответствующих моделей направлен на учет особенностей конкретных аварий и коррекцию возможных действий по спасению населения в зоне поражения.

Список литературы: 1. *Землянский, О. Н.* Принципы и элементный базис реализации технологий прогнозирования чрезвычайных ситуаций в условиях неопределенности / *О. Н. Землянский, В. Е. Снитюк* // Труды Одесского политехнического университета. – 2010. – Вып. 1(33)-2(34). – С. 143-147. 2. *Лисанов, М. В.* Моделирование рассеяния выбросов опасных веществ в атмосфере / *М. В. Лисанов, А. В. Пчельников, С. И. Сумской* // Рос. хим. журнал. (Журнал Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2005. – т. XLIX. – № 4. – С. 18-28. 3. Руководство по оценке промышленных опасностей (Techniques for Assessing Industrial Hazards: a Manual). – World Bank Tech. – 1988. – Paper 55 4. The HGSYSTEM version 3.0 technical reference manual. – Shell Internationale Research Maatschappij BV. Hague. – 1994. 5. ГОСТ Р12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. 6. Руководящий документ. «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте» (РД 52.04.253-90). Штаб Гражданской обороны СССР, Комитет гидрометеорологии при кабинете министров СССР. М.: Гидрометеоиздат, 1991. 7. *Иванов, А. В.* О достоверности использования вычислительного комплекса PHOENICS в расчетах рассеяния вещества в возмущенном потоке / *А. В. Иванов, Б. С. Майстрюков* // Известия ВУЗов: Черная металлургия. – 1999. – №11. – С.64-68. 8. *Едигаров А. С.* Математическое моделирование аварийного истечения и рассеивания природного газа при разрыве газопровода / *А. С. Едигаров, В. А. Сулейманов* // Математическое моделирование. – 2005. – № 7:4. – С. 37-52. 9. Методика оценки последствий аварийных выбросов опасных веществ (Методика «ТОКСИ», редакция 3.1). – Проект. М.:ФГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2005. – 67 с. 10. *Jang, J.-S. R.* ANFIS : Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System / *J.-S. R. Jang* // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. –1993. – Vol. 23. – № 3. – С. 665-685. 11. *Kosko, B.* Fuzzy systems as universal approximations /*B. Kosko* / IEEE Transactions on Computers. – 1994. – Vol. 43. – № 11. – С. 1329-1333.

Поступила в редколлегию 01.06.2013

УДК 004.827:504.5

Прогнозирование концентрации «тяжелого газа» после залпового выброса / О. Н. Землянский, В. Е. Снитюк // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 38 (1011). – С.146-151. – Бібліогр.:11 назв.

Розглянуто проблему визначення концентрації «важкого газу» після залпового викиду. Показано, що доаварійна побудова моделі для прогнозування його концентрації є необхідною умовою своєчасного і адекватного прийняття рішень. Запропоновано технологію уточнення такої моделі за результатами декількох вимірювань у післяаварійний період.

Ключові слова: хімічна аварія, «важкий газ», концентрація, нечітка нейромережа, прогнозування.

The problem of "heavy gas" concentration after volley output was determining. Shown that pre-accident model predict concentration construct is essential for timely and appropriate decision making. The technology for model specification after several measurements results in the post-accident period was proposed.

Keywords: chemical accident "heavy gas" concentration, fuzzy neural network, prediction.

ПОШУК ТА ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗЧИННОСТІ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ЕТИЛОВОМУ СПИРТІ

Встановлено, що в діапазоні температур від $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ залежність розчинності соняшникової олії у концентрованому етанолі носить експоненційний характер. Для вказаного температурного діапазону отримано математичну модель для розрахунку розчинності соняшникової олії у спиртах концентрації від 94,0% до 99,6%. Вдалося досягти вмісту олії у етанолі меншого за 0,5%

Ключові слова: розчинність, соняшникова олія, етанол, математична модель, спиртова екстракція, місцела, охолодження.

Вступ. В роботі розглядається питання кількісної оцінки розчинності основних речовин соняшникової олії у концентрованому етиловому спирті за низьких температур, що має практичне значення для технології спиртової екстракції, а саме для стадії регенерування розчинника перед повторним його застосуванням [1].

Охолодження місцели до від'ємних за Цельсієм температур може бути перспективним для вирішення ряду задач, таких як: підвищення виходу олії, підвищення рушійної сили екстракції, отримання продуктів більш високої якості за рахунок зменшення часу перебування екстрактивних речовин в зоні підвищеної температури.

Аналіз останніх досліджень і літератури. Охолодження концентрованої місцели – відомий спосіб відокремити основну частину олії зі спирту, але при цьому значна її кількість залишається у розчині.

Відомі роботи, в яких досліджено розчинність олій в етилових спиртах, [2,3,4,5] зокрема, соняшникової олії, але нижня границя температурного діапазону складає $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

У роботах [6, 7] охолодження проводили до температури близько $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Але ці дослідження стосувалися соєвої олії. Новіших публікацій з питання розчинності соняшникової олії не існує.

Мета досліджень, постановка проблеми. Необхідним є доповнити дані з розчинності соняшникової олії від $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче до температур, за яких розчинність олії в спирті менше 1%.

Оскільки точні виміри за від'ємних температур потребують спеціального обладнання, у якості допоміжного методу пропонується застосувати прогностичні функції математичної моделі розчинності соняшникової олії.

Матеріали досліджень. Вихідні дані було отримано як особисто, так і з літературних джерел.

Раніше [8] автором цієї статті було отримано експериментально дані, щодо розчинності рафінованої дезодорованої соняшникової олії у етиловому спирті концентрації 99,6% мас. та 94,0 % мас. Дані зведено у таблицю нижче. Також вихідними даними були емпіричні залежності з [4]. Точність вимірювання у цьому випадку для концентрації етилового спирту становила 0,1% мас., для розчинності олії – 0,01 % мас., для температури – $0,01^{\circ}\text{C}$. Попри високу точність вимірювань дані були надані у вигляді графіків, створених вручну.

Результати досліджень. Отже на першому етапі роботи здійснили сканування

графіку джерела [4] (графік наведено на рисунку 1), далі зробили імпорт в програму AutoCAD, де за допомогою координатної сітки масштабу відповідного до точності вимірювання, отримали для найближчих з доступних концентрацій спирту (99,9% мас. та 95,4 % мас.) дві емпіричні функції у табличному вигляді. Дані також знаходяться у таблиці.

На другому етапі використовували альбом трендових ліній Microsoft Excel. Попередній аналіз дав змогу помітити, що кожную з двох функції можна описати щонайменше двома різновидами математичних залежностей. В області близької до необмеженої розчинності олії – прямою лінією, в іншій – експоненційною залежністю.

Відкидаючи послідовно точки праворуч, як такі, що не є необхідними, зважаючи на мету роботи, дійшли висновку, що для функції, яка відповідає розчину олії у 99,9 % етанолі для трьох точок (за аргументом 60, 50, 40 °C)

спостерігається найкраща достовірність апроксимації 0,999, а для розчину у 95,4 %-ому етанолі для шістьох точок (85, 80, 70, 60, 50, 40 °C) ця достовірність апроксимації дорівнює 0,994. Додання ще однієї точки різко погіршує достовірність апроксимації принаймні на декілька відсотків.

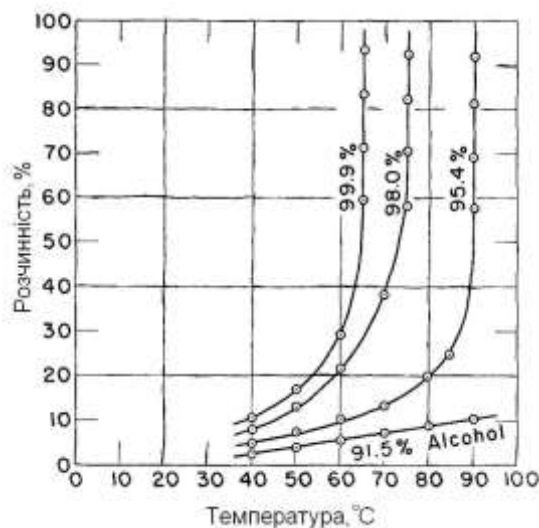


Рис. 1 – Літературні дані про розчинність соняшникової олії

Таблиця - Вихідні дані для отримання математичної моделі розчинності олії

Літературні дані з розчинності соняшникової олії[4]				Авторські дані з розчинності [8]		Температура помутніння місцел [8]	
Конц. сп. 99,9 %		Конц. сп. 95,4%		Конц. сп. 99,6%		Конц. сп. 99,6%	
t, °C	P, %	t, °C	P, %	t, °C	P, %	t, °C	P, %
40,00	10,34	40,00	4,82	20,0	5,0	-13,0	1,0
50,00	16,90	50,00	7,06	-2,0	2,0	-20,0	0,5
60,00	28,99	60,00	10,10	Конц. сп. 94,0%		-35,0	0,25
65,10	59,49	70,00	12,91	t, °C	P, %	Конц. сп. 94,0%	
65,16	71,01	80,00	19,66	20	0,76	t, °C	P, %
65,30	83,04	84,74	24,55	13	0,60	-13,0	0,075
65,36	93,00	90,20	57,49	-7	0,29	-40,0	0,15
		90,30	68,99				
		90,43	80,97				
		90,63	91,64				

Проте для місцели у 99,9 %-вому етанолі достовірність прогнозу методом екстраполяції в бік від'ємних температур не є прийнятною з причини малої кількості точок у функції.

Далі було вирішено сумістити дані, отримані експериментально для місцел на спиртах концентрації 99,6 % мас. та 94% мас. в діапазоні від +20 до -7 °C, з даними для цих же концентрацій від 40 до 60-ти °C, які планувалось отримати шляхом інтерполяції і екстраполяції. В якості інтерполяційно- екстраполяційної моделі

вирішено було використовувати поліноміальні рівняння, отримані шляхом обробки літературних даних за планом ПФЕ. Для підвищення точності розрахунку було отримано два рівняння, одне для діапазону 40-50 °С. (1), інше - для діапазону 50-60 °С (2).

Таким чином отримали графік (рис. 2), який використовувався для екстраполяції в зоні від'ємних температур.

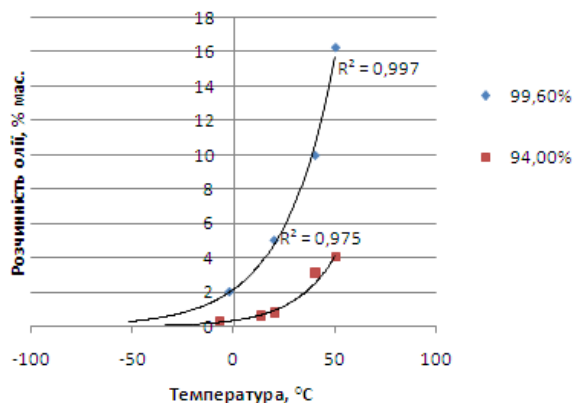


Рис. 2 - Розчинність соняшникової олії за термостатичними даними

$$P1 = 244,17 - 2,60 \cdot K - 8,91 \cdot T + 0,096 \cdot K \cdot T \quad (1)$$

$$P2 = 742,72 - 7,87 \cdot K - 18,88 \cdot T + 0,2 \cdot K \cdot T \quad (2)$$

У формулах (1, 2) К – Концентрація етанолу,%; Т – температура, °С.

Наступним етапом було додання до табличної емпіричної функції вузлів, які були визначені як температури помутніння модельних місцел, отриманих методом розведення [8]. Точність визначення температур була невелика, похибка вимірювання досягала 5 °С, однак для перевірки прогнозу ці дані були корисними.

Прогнози, отримані за графіком на рис. 2 порівняли із даними графіку, який доповнили точками визначеними через помутніння місцел (рис.3). При цьому достовірність апроксимації суттєво не змінилася.

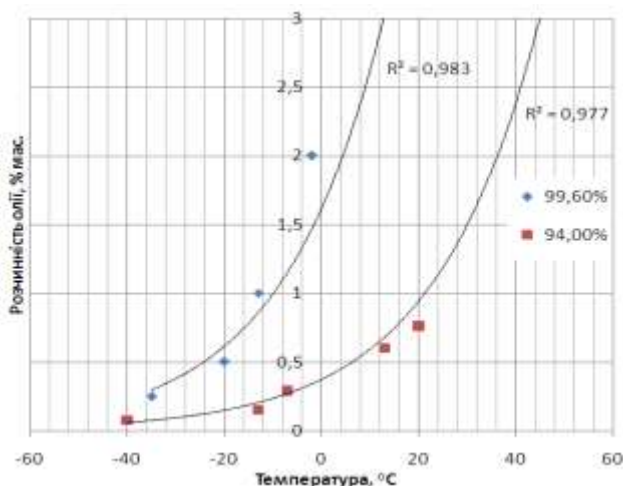


Рис.3 - Криві розчинності після додання до функції температур помутніння

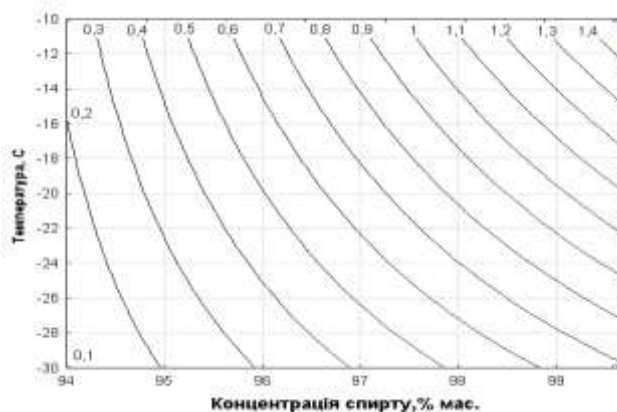


Рис.4 - Розчинність соняшникової олії як функція температури і концентрації етилового спирту

З двох варіантів значень розчинностей були обрані найгірші з точки зору очікувань технології. За ними була створена математична модель (план ПФЕ), яка б дозволила визначати розчинність соняшникової олії в діапазоні температур від -10 до -30 °С. та в діапазоні концентрацій спирту від 94,0 до 99,6%.

Математична модель представлена на рис. 4 та рівнянням (3)

$$P3 = -26,04 + 0,28 \cdot K - 0,55 \cdot T + 0,006 \cdot K \cdot T \quad (3)$$

Висновки. Встановлено, що для температур від $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ залежність розчинності соняшникової олії в абсолютованому етанолі носить експоненційний характер. Додання до емпіричної функції вузлів, отриманих шляхом вимірювання температур помутніння місцел в діапазоні від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ підтвердило надійність прогнозування. Достовірність апроксимації емпіричної функції з 7-ми вузлів складає від 0,977 до 0,983. Отримано математичну модель для розрахунку розчинності соняшникової олії у концентрованому етанолі в діапазоні від'ємних температур. Шляхом охолодження модельної місцели на абсолютованому етанолі до температури $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ можливо досягти вмісту ацилгліцеринів у ній менше за 0,5 %. Подальші дослідження очікуються в галузі визначення економічної ефективності розділення місцел охолодженням, оптимізації, розробки технічних рішень.

Список літератури 1. Демидов И. Н. Использование этанола в масложировой промышленности / И. Н. Демидов // Олійно-жировий комплекс. – 2004. – № 1. – С. 21 - 23. 6. 2. Rama K. R. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. I. Solubilities of Cottonseed, Peanut, Sesame, and Soybean Oils in Aqueous Ethanol / K. R. Rama, M. G. Krishna, S. H. Zaheer, L. K. Arnold // Journal of the American oil Chemists Society. – 1955. – Vol. 32. – pp. 420-423. 3. Rama K. R. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. II. Solubilities of Corn, Linseed, and Tung Oils in Aqueous Ethanol / K. R. Rama, L. K. Arnold // Journal of the American oil Chemists Society. – 1956. – Vol. 33. – pp. 82-84. 4. Rama K. R. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. III. Solubilities of Babassu, Coconut, Olive, Palm, Rapeseed, and Sunflower Seed Oils in Aqueous Ethanol / K. R. Rama, L. K. Arnold // Journal of the American oil Chemists Society. – 1956. – Vol. 33. – pp. 389-391. 5. Rama K. R. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. V. Pilot Plant Extraction of Cottonseed by Aqueous Ethanol / K. R. Rama, L. K. Arnold // Journal of the American oil Chemists Society. – 1958. – Vol. 35. – pp. 277-281. 6. Regitanodarce M. A. B. Sunflower-seed oil extraction with ethanol / M. A. B. Regitanodarce, U. D. Lima // Journal of the American oil chemists society. – 1986. – № 63 (4). – pp. 428-428. 7. Вишнепольская Ф. А. Экстракция соевых семян этиловым спиртом / Ф. А. Вишнепольская // Труды всесоюзного научно-исследовательского института жиров. – 1967. – Вып 23. – pp. 131-143. 8. Матюхов Д. В. Обработка и анализ спиртовых мисцелл / Д. В. Матюхов, М. Ю. Осипова, И. С. Бродюк // Масложировой комплекс. – 2011. – № 4(35). – С. 32 - 34.

Надійшла до редколегії 04.06.2013

УДК 665.3

Пошук та використання математичної моделі розчинності соняшникової олії в етиловому спирті / Матюхов Д. В // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. – № 38 (1011). – С. 152-155. – Бібліогр.: 8 назв.

Установлено, что в диапазоне от $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ зависимость растворимости подсолнечного масла в концентрированном этаноле носит экспоненциальный характер. Для указанного температурного диапазона получена математическая модель для расчета растворимости подсолнечного масла в спиртах концентраций от 94,0 % до 99,6%. Удалось достичь содержания масла в этаноле менее 0,5%. Рис. 3., табл. 1., Источников 8

Ключевые слова: растворимость, подсолнечное масло, этанол, математическая модель, спиртовая экстракция, мисцела, охлаждение

It is established that in the range from $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ dependence of solubility of sunflower oil in the absolutized ethanol has exponential character. For the specified temperature range the mathematical model for calculation of solubility of sunflower oil in alcohols of concentration from 94,0% to 99,6% is obtained. It was succeeded to reach the content of oil in ethanol less than 0,5%.

Keywords: solubility, sunflower oil, ethanol, mathematical model, alcohol extraction, miscella, cooling

А. П. МЕЛЬНИК, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПІ»

С. Г. МАЛІК, аспірант, НТУ «ХПІ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ОДЕРЖАННЯ КИСЕНЬ- І АЗОТОВМІСНИХ ПОХІДНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ АМІДУВАННЯМ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ

Досліджено одержання кисень- і азотовмісних похідних жирних кислот амідуванням лляної олії при температурах 413 К – 453 К та мольному співвідношенні реагентів 1:1. За допомогою тонкошарової хроматографії проведено експериментальні дослідження компонентного складу реакційних мас. Показано, що до складу суміші входять моноацилгліцерини, діацилгліцерини та алкілімідазоліни жирних кислот.

Ключові слова: лляна олія, похідні жирних кислот, моноацилгліцерини, діацилгліцерини; амідування; алкілімідазоліни.

Вступ. Лляна олія завжди була цінним і важливим продуктом не тільки харчування, а й лікування та косметології. Корисні властивості цієї олії були відомі ще з прадавніх часів. Її використовували ще в Стародавньому Єгипті в косметології та при лікуванні опіків. Корисні властивості лляної олії насамперед пов'язані з присутністю в її складі фрагментів поліненасичених жирних кислот. Завдяки цьому вона використовується у продуктах лікувально-профілактичного харчування, а також - у фармації та медицині. Основними кисеньвмісними похідними жирних кислот лляної олії є діацилгліцерини (ДАГ) та моноацилгліцерини (МАГ). Тому отримані з такої олії, вони також багаті на поліненасичені жирні кислоти, а їх використання як емульгаторів та стабілізаторів в харчовій промисловості також матиме позитивний вплив на організм. Також моно,- та діацилгліцерини як поверхнево-активні речовини використовують в харчовій, парфумерно-косметичній, текстильній та інших галузях промисловості. Сьогодні МАГ та ДАГ отримують за енергоємними, багатостадійними і дорогими технологіями [1,2]. До того ж виробництво МАГ та ДАГ в Україні відсутнє, а продукти на їх основі імпортуються.

Важливими азотовмісними похідними жирних кислот лляної олії також є аміноаміди (АА) та алкілімідазоліни (АІ). Аміноаміди використовують у медицині, фармакології, харчовій та нафтогазовій галузях, у будівництві при виготовленні бітумних емульсій. АІ використовують як емульгатори, диспергатори та поверхнево-активні речовини при виробництві миючих засобів та косметичних препаратів, а також як бактерициди та інгібітори корозії. Такі азотовмісні похідні жирних кислот виробляють за складними та енергоємними технологіями.

Стан сучасних технологій одержання як кисеньвмісних, так і азотовмісних похідних жирних кислот спонукає до пошуків більш простих та менш енергоємних технологій отримання цих речовин.

Виходячи з вищезазначеного, дослідження спрямовані на розробку нових технологій отримання кисень- і азотовмісних похідних жирних кислот амідуванням лляної олії є актуальними. Одержання цих речовин з лляної олії не відомо.

Виходячи з актуальності, метою даного дослідження є одержання кисень- і азотовмісних похідних жирних кислот лляної олії амідуванням діетилентриаміном.

Дослідження реакції амідування лляної олії проведено при різних температурах для мольного співвідношення реагентів 1:1. Впродовж реакції через визначені проміжки часу відбиралися зразки для аналізу вмісту аміну, моноацилгліцеринів,

гліцерину та алкілімідазолінів. Для визначення концентрації МАГ, Гл та аміну використано методики як в [3]. Концентрація алкілімідазолінів визначалася за [4].

Поточні концентрації інших компонентів реакційної маси розраховані за системою рівнянь матеріального балансу компонентів реакційних мас і ацильних радикалів.

За допомогою тонкошарової хроматографії проведено експериментальні дослідження компонентного складу реакційних мас в системі розчинників хлороформ:ацетон:етиловий спирт 91:8:1.

Порівнянням результатів хроматографії зразків реакційних мас і зразків-свідків доведено присутність в реакційних масах МАГ, ДАГ, Гл, моноамідів (МАД), діамідів (ДАД), алкілімідазолінів (АІ) (рис 1).

На хроматограмах реакційних сумішей виявлено як мінімум 7 речовин з різними коефіцієнтами сорбуємості. Порівнюючи коефіцієнти сорбуємості R_f плям на хроматограмі реакційної суміші з R_f зразків свідків, можна говорити про те, що величина $R_f=0,14$ відповідає МАГ, з $R_f=0,92$ – ТАГ, з $R_f=0,09$ ДАД. Речовини, що знаходяться на лінії старту можуть відноситись до гліцерину, аміну, моноамідів жирних кислот та АІ. Коефіцієнти сорбеємості з $R_f=0,7$ та $R_f=0,81$ належать 1,3- та 1,2-ДАГ відповідно, оскільки ці значення збігаються з літературними даними [5].

В результаті дослідження за вперше встановленим компонентним складом виявлено, що перетворення триацилгліцеринів лляної олії відбувається в декілька стадій: ТАГ перетворюються в ДАГ, які в свою чергу перетворюються в МАГ, з яких утворюється Гл.

За експериментальними даними визначені раціональні технологічні параметри реакції взаємодії триацилгліцеринів лляної олії з діетиленітриаміном, при яких утворюються продукти з максимальним вмістом МАГ і ДАГ та АІ в реакційній суміші. На рис 2 наведені кінетичні залежності утворення та витрачання компонентів реакційної маси при мольному відношенні реагентів 1:1 для випадку максимального утворення МАГ та ДАГ.

З рис. 2 видно, що в реакційній масі концентрація МАГ збільшується впродовж всього часу реакції і їх мольна доля вище від інших ацилгліцеринів.

Найбільш інтенсивно МАГ утворюються за перші 2000 с, а потім швидкість їх накопичення значно зменшується. В свою чергу кінетична залежність ДАГ характеризується максимумом, який досягається за перші 900 с, а потім спостерігається зменшення вмісту ДАГ в реакційній масі. Це свідчить про те, що ДАГ більше витрачається на утворення МАГ, ніж утворюється з ТАГ. В результаті,

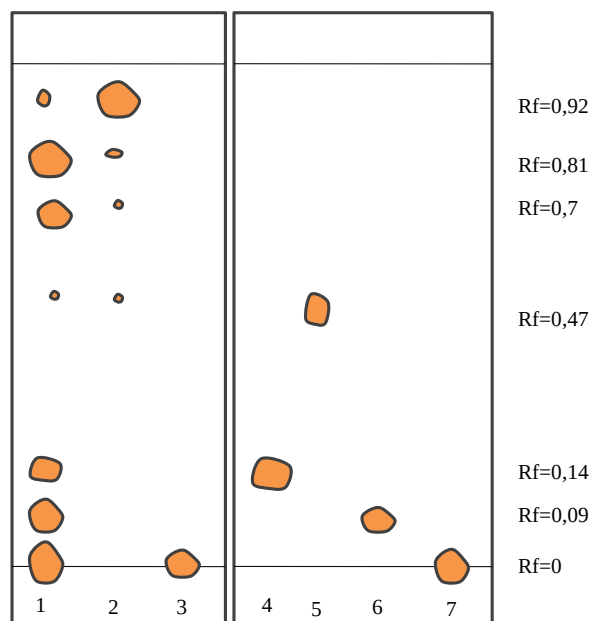


Рис. 1 - Хроматограми реакційної маси та зразків-свідків, де: 1 – реакційна суміш при мольному співвідношенні 1:1 та 413 К; 2 – лляна олія; 3 – діетиленітриамін; 4 – моноацилгліцерини; 5 – олеїнова кислота; 6 – діаміди жирних кислот

продукт з максимальним вмістом МАГ утворюється через 4,5 години, а максимальний вміст ДАГ досягається через 900 с взаємодії між реагентами. Залежності концентрацій МАД та ДАД також характеризуються максимумами. Це свідчить про те, що вони є і проміжними продуктами при взаємодії ТАГ лляної олії з діетилентриаміном. З МАД утворюються ДАД, які перетворюються на АІ.

Концентрація АІ зростає постійно, але їх вміст в реакційній масі за даних умов незначний. Концентрації ТАГ та ДЕТА зменшуються впродовж всього часу реакції. При цьому швидкість витрачання реагентів в перші 2000 с значно більша, ніж в наступний період. Концентрація гліцерину постійно збільшується. Це зумовлено на наш погляд тим, що Гл в результаті реакції тільки утворюється і не витрачається, та є одним з кінцевих продуктів амідування триацилгліцеринів лляної олії.

На рис 3 наведені кінетичні залежності утворення та витрачання компонентів реакційної маси для випадку максимального утворення АІ при мольному відношенні реагентів 1:1.

З порівняння рис. 2 та 3 видно, що підвищення температури взаємодії ТАГ лляної олії з ДЕТА призводить до значного збільшення вмісту АІ в реакційній масі з паралельним зменшенням концентрацій МАД та ДАД. Також видно, що концентрації МАГ та ДАГ, як одних з цільових продуктів, при підвищенні температури реакції зменшуються, з одночасним збільшенням вмісту гліцерину. При більшій температурі (рис. 3) залежність МАГ також, як і ДАГ, характеризується максимумом, після досягнення якого відбувається поступове зменшення їх концентрації.

Таким чином, змінюючи температуру, можна направляти взаємодію реагентів на утворення конкретного цільового продукту, а саме МАГ, ДАГ або АІ.

Висновки

1. Вперше показано, що при взаємодії ТАГ лляної олії з ДЕТА протікає в декілька стадій та утворюється суміш, до складу якої входять такі цільові речовини як МАГ, ДАГ та азотовмісні АІ.

2. Встановлено, що змінами температури можна скеровувати реакцію на отримання конкретного цільового продукту.

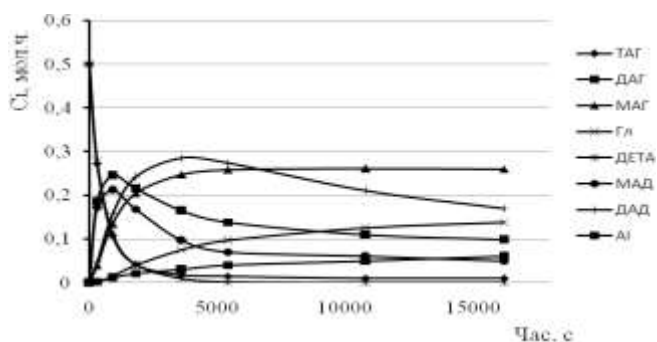


Рис. 2 - Залежність концентрації (C_i) компонентів реакційної маси від часу для мольного відношення реагентів 1:1 та температури 413 K

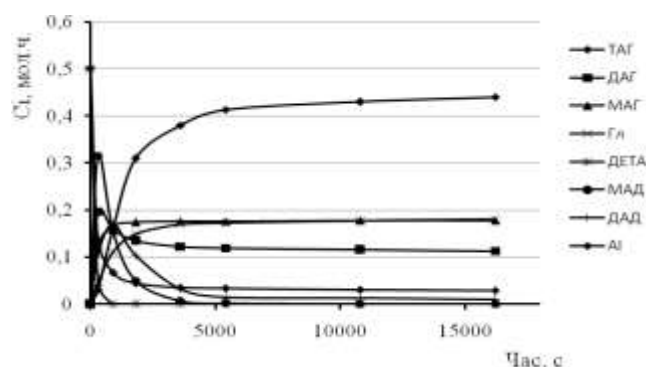


Рис. 3 - Залежність концентрації (C_i) компонентів реакційної маси від часу для мольного відношення реагентів 1:1 та температури 453 K

3. Доведено, що при збільшенні температури концентрація ДАГ та МАГ в реакційній масі зменшується з одночасним збільшенням концентрації гліцерину, зміни концентрації проміжних азотовмісних сполук носять екстримальний характер, а концентрація АІ зростає, досягаючи певного максимуму.

Список літератури: 1. *О'Брайен Р.* Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / *О'Брайен Р.* – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с. 2. *Edible Oil and Fat Products: Chemistry, Properties, and Health Effects* / Edited by Fereidoon Shahidi – (Sixth Edition) – Memorial University of Newfoundland – 2005 3. *Діхтенко К. М.* Технологія отримання моноацилгліцеринів амідуванням ріпакової олії : автореф. дис. .. канд. техн. наук: спец. 05.18.06 “Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів” / *К. М. Діхтенко.* – Харків, 2008. – 21 с. 4. *Мельник А. П., Чумак О. П., Березка Т. О* Практикум з хімії та технології поверхнево-активних похідних вуглеводневої сировини : навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл.] – Харків: Курсор, 2004. – 277 с. 5. *D'Alonzo, R. P., Kozarek, W. J. та Wade, R. L.* Glyceride composition of processed fats and oils as determined by class capillary gas chromatography. No 7, Cincinnati : 1982 p., JAOCS, T. Vol 59, cc. 292-295. 6. *Singh C. P. D. O. Shah.* Synthesis of mono- and diglycerides in water-in-oil microemulsions // JAOCS. – 1994. – № 6. – P. 583 – 587.

Надійшла до редколегії 02..06.2013

УДК 664.3:547

Дослідження одержання кисень- і азотовмісних похідних жирних кислот амідуванням лляної олії / Мельник А. П., Малік С. Г. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. – № 38 (1011). – С.156-159. – Бібліогр.: 6 назв.

Исследовано получение кислород- и азотсодержащих производных жирных кислот амидированием льняного масла при температурах 413 К – 453 К и мольном соотношении реагентов 1:1. При помощи тонкослойной хроматографии проведено экспериментальное исследование компонентного состава реакционных масс. Показано, что в состав смеси входят моноацилглицерины, диацилглицерины и алкилимидазолины жирных кислот.

Ключевые слова: льняное масло, производные жирных кислот, моноацилглицерины, диацилглицерины, амидирование, алкилимидазолины.

Obtaining of oxygen- and nitrogen containing derivatives of fatty acids at the temperatures 413 K – 453 K and molar ratio of reagents has been studied. The experimental research of composition of the reaction mass have been carried out by thin-layer chromatography. Monoacylglycerols, diacylglycerols and imidazolines of fatty acids are the main components of mixture.

Keywords: linseed oil, derivatives of fatty acids, monoacylglycerols, diacylglycerols, amidation, imidazolines.

УДК 628.16

В. М. РАДОВЕНЧИК, д-р техн наук, проф., НТУУ "КПІ", Київ;
М. І. РОМАНЕНКО, аспірант, НТУУ "КПІ", Київ;
В. Ю. ЧЕРНЯК, магістрант, НТУУ "КПІ", Київ

ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОК МАГНЕТИТУ В ПРОЦЕСАХ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД НАФТОПРОДУКТІВ

Проаналізовано використання сорбентів з магнітними властивостями для видалення нафтопродуктів з водних середовищ. Розглянуто питання відділення часток магнетиту від очищеної води. Виведено формули для розрахунку коефіцієнту приросту радіусу часток магнетиту в процесі нарощування. Розраховано можливість збільшення розмірів часток при різній кількості циклів нарощування. Вивчено гранулометричний склад часток магнетиту, синтезованих із суміші солей заліза (II) та заліза (III) при різних умовах та інтенсивність нарощування їх розмірів. Експериментально підтверджено результати теоретичних підрахунків.

© В. М. РАДОВЕНЧИК, М. І. РОМАНЕНКО, В. Ю. ЧЕРНЯК, 2013

Ключові слова: нафтопродукти, дисперсні сорбенти, магнетит, нарощування, гранулометричний склад.

Вступ. Процеси використання та переробки значних об'ємів нафти і нафтопродуктів супроводжуються інтенсивним забрудненням гідросфери. Втрата водоймами здатності до самоочищення вимагає більше уваги приділяти очищенню стічних вод та видаленню нафтопродуктів із водного середовища. Особливо перспективними в цьому напрямку вважаються сорбційні методи, оскільки саме вони забезпечують видалення нафтопродуктів без вторинного забруднення очищеної води хімічними реагентами. Особливу категорію складають дисперсні сорбенти з магнітними властивостями (ДСМВ), в якості котрих найчастіше використовують частки магнетиту (Fe_3O_4) або інших сполук заліза. Наявність у часток сорбентів магнітних властивостей дозволяє застосовувати магнітне поле для відділення їх від очищеної води, що забезпечує суттєве підвищення загальної ефективності процесу.

Проведені раніше дослідження показали високу ефективність використання часток магнетиту в якості сорбентів нафтопродуктів [1, 2], особливо у випадку їх модифікації. Разом з тим, питання відділення часток сорбентів від очищеної води залишилися поза увагою дослідників. А для забезпечення необхідної ефективності очищення води і ступінь сорбції нафтопродуктів на частках магнетиту, і ступінь відділення часток магнетиту від обробленої води повинні бути однаково високими. Якщо ця умова не виконується, то навіть при надзвичайно високій ефективності одного етапу недостатня ефективність другого суттєво знизить загальну ефективність процесу очищення.

Метою даної роботи було вивчення можливості забезпечення ефективного відділення часток магнетиту в процесах їх використання в якості сорбентів для очищення стічних вод.

Методика експериментів. Виконані раніше дослідження базувалися на проведенні процесу сорбції в статичних умовах [1, 2]. Це вимагає значної тривалості контакту часток магнетиту з водою, що очищується та ставить під сумнів можливість забезпечення високої ефективності відділення твердих часток від води. При вмісті твердої фази у воді на рівні 200 – 250 мг/дм³ фільтроцикл магнітних фільтрів буде досить нетривалим, а затрати на їх експлуатацію – досить значними. Тому нами була розглянута можливість використання часток магнетиту для видалення нафтопродуктів із водного середовища в динамічних умовах. При позитивному результаті це дозволить суттєво скоротити необхідний термін контакту між твердою та рідкою фазами і вирішити проблеми відділення твердої фази від води.

Частки магнетиту синтезували на основі класичного рівняння його утворення шляхом осадження суміші солей Fe (II) і Fe (III) лугом. Для синтезу часток магнетиту 2,78 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ і 5,06 г $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ розчиняли у дистильованій воді і при постійному перемішуванні та температурі 30÷35 °С, додавали 20%-вий розчин NaOH до встановлення значення pH 9,5÷10. Для дозрівання синтезовані частки магнетиту залишали у маточному розчині на 30 хв, після чого отриману суспензію промивали дистильованою водою до нейтрального значення pH і заливали в колонку для проведення досліджень. Для визначення гранулометричного складу твердої фази використовували фотоелектричний метод [3]. Процес нарощування проводили

шляхом змішування синтезованих часток магнетиту із аналогічною дозою початкового розчину іонів заліза та повторного осадження суспензії лугом.

Обговорення результатів. Вже перші досліди показали, що і використання сорбції в динаміці не дозволяє вирішити описані вище проблеми. При напрямі руху води зверху вниз і шарі магнетиту в колонці 10 см швидкість фільтрування при напорі води в 0,3 м сягала лише 0,2 м/год. Для реальних технологічних процесів такі швидкості надто малі. Спроба поміняти напрям руху знизу вверх призводила до того, що для попередження виносу твердих часток за межі колонки швидкість руху води повинна бути ще меншою. Як одним з можливих напрямків вирішення цих проблем було вибрано нарощування розміру часток магнетиту.

Ідеалізовану структуру фільтру із часток магнетиту можна представити у вигляді сфер, що перекривають поперечний переріз колонки (рис. 1а). При цьому рух рідкої фази відбувається в порах між окремими твердими частками. Якщо

радіус часток магнетиту позначити через r , то площа пор між чотирма сусідніми твердими частками визначатиметься як $S=(2r \cdot 2r)-\pi r^2=4r^2-3,14r^2=0,86r^2$.

Припустимо, що в процесі циклу нарощування всі частки магнетиту, які отримані в процесі синтезу, є центрами кристалізації в розчині і що магнетит в наступних циклах нарощується на них щільним шаром. Об'єм щільного шару магнетиту, що нарощується при кожному циклі осадження, позначимо через V . Якщо в досліді в кожному циклі використовувати однакову масу іонів заліза, то і $V=\text{const}$. Кількість часток, що циркулює в розчині в кожному циклі, позначимо через $N=\text{const}$. Як відомо, об'єм кулі визначається за формулою:

$$V_0 = \frac{4\pi r^3}{3}.$$

Звідки

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V_0}{4\pi}}.$$

Очевидно, що після одного циклу нарощування $V_1=V_0 + V_0 = 2V_0$, а

$$r_1 = \sqrt[3]{\frac{3(2V_0)}{4\pi}}.$$

В загальному випадку можна записати, що

$$r_n = \sqrt[3]{\frac{3(1+n)V_0}{4\pi}},$$

де n – кількість циклів нарощування.

Тоді коефіцієнт приросту радіусу частки за один цикл

$$k_r = \frac{r_{n+1}}{r_n} = \sqrt[3]{\frac{3(1+n+1)V_0}{3(1+n)V_0}} = \sqrt[3]{\frac{2+n}{1+n}}.$$

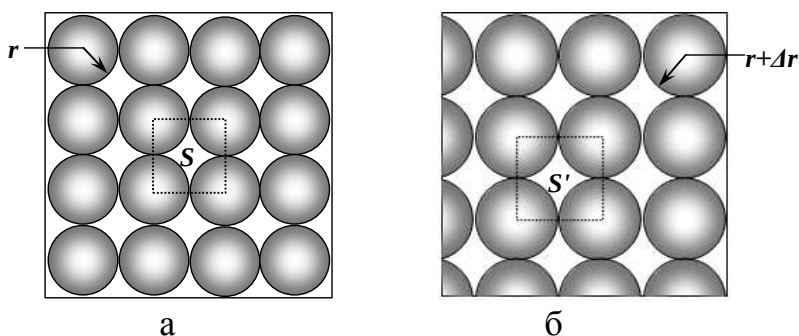


Рис. 1 – Структура фільтру із часток магнетиту для видалення нафтопродуктів із води: а – після синтезу; б – після циклу нарощування

Графік отриманої залежності представлено на рис. 2.

Як видно з рис. 2, із збільшенням кількості циклів нарощування коефіцієнт приросту величини радіусу частки за один цикл знижується від початкових 4,5 % до 0,1 % через 15 циклів нарощування. Оскільки радіус часток визначає площу поперечного перерізу пор між ними, то очевидно, що і цей параметр буде змінюватися. В загальному випадку зміну площі поперечного перерізу пори із зміною кількості циклів нарощування можна записати у вигляді:

$$S_n = 0,86 \cdot (r_n)^2 = 0,86 \cdot r_o^{2/3} \left(\sqrt[3]{4 + 3n} \right)^2,$$

де r_o – початковий радіус часток магнетиту.

Як видно з рис. 2, де представлена ця залежність у графічному вигляді, із збільшенням кількості циклів приріст площі поперечного перерізу пори знижується. Так, якщо на перших циклах нарощування приріст складає 0,85 у.о., то на 15-му циклі він знижується майже в два рази - до 0,48 у.о. Крім цього необхідно врахувати той факт, що при фіксованому діаметрі колонки кількість пор, що буде формуватися при нарощуванні розміру часток, також буде знижуватися. Тому загальна площа живого перерізу колонки буде зростати

ще повільніше, а в окремих випадках може навіть знижуватися. Приведені теоретичні викладки дозволяють зробити висновок про те, що нарощування, як процес підвищення фільтрувальних властивостей вискодисперсних сорбентів навряд чи можна вважати ефективним. Конкретні висновки можна зробити лише для систем з відомими розмірами твердих часток та колонок. Однак, необхідно зауважити, що кожний цикл нарощування в промислових умовах потребує значної витрати реагентів і супроводжується утворенням стічних вод, котрі також підлягають очищенню.

В експериментальній частині даної роботи було вивчено гранулометричний склад часток магнетиту, синтезованих із суміші солей заліза (II) та заліза (III) при різних температурах розчину та атмосферному тиску. Як видно з рис. 3, досить важко зробити однозначні висновки. Переважна кількість часток магнетиту мають розмір біля 20 мкм. Звертає на себе увагу незначна кількість часток більших розмірів. Причому, кількість таких часток в процесі нарощування змінюється дуже мало. Основні зміни відбуваються з частками розміром 20 мкм і менше. Очевидно, що не можна зовсім відкидати можливість формування в

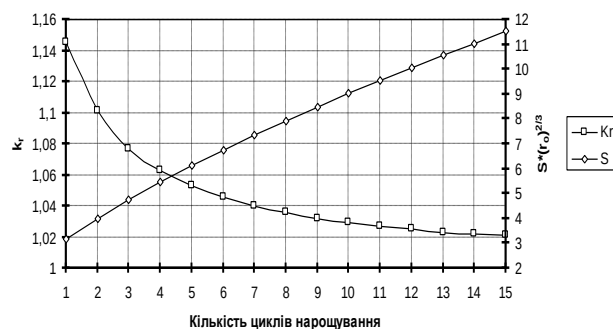


Рис. 2 – Зміна величини коефіцієнту приросту радіусу часток магнетиту (K_r) та площі поперечного перерізу пор (S) від кількості циклів нарощування

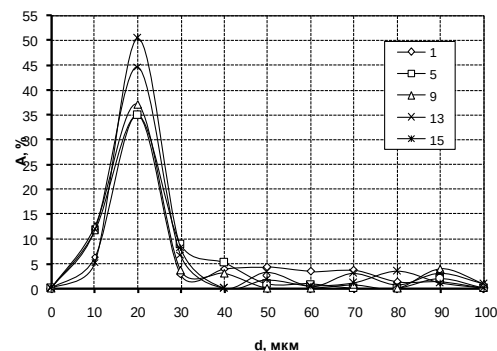


Рис. 3 – Зміна гранулометричного складу часток магнетиту в процесі їх нарощування (цифрові позначки відповідають кількості циклів нарощування)

маточному розчині в процесі нарощування нових дисперсних часток. Таким чином, розмір часток магнетиту в процесі нарощування, як і було показано вище, суттєво не зростає. Більше того, розмір часток в 20 мкм виявився тією границею, до якої нарощування ще можна зафіксувати. Як видно з рис. 3, вміст часток з розміром у 20 мкм в процесі 15 циклів нарощування зростає із 35 до 50 %.

Для встановлення можливих лімітуючи факторів були проведені додаткові дослідження процесів нарощування при підвищених температурах, тривалому терміні дозрівання часток, різних співвідношеннях між масою часток магнетиту та сумарною масою іонів заліза в розчині, при різних початкових концентраціях іонів заліза під час синтезу.

Як було встановлено, збільшення температури приблизно до 50 °С стимулює збільшення розміру часток, вище – призводить, переважно, до зменшення їх розміру (рис. 4). При цьому при збільшенні кількості циклів нарощування картина практично не змінюється. Однак, навіть при збільшенні температури в діапазоні до 50 °С найбільш інтенсивно збільшується кількість часток із розміром близько 20 мкм. Зафіксувати тенденцію до збільшення кількості часток з розміром більше 20 мкм не вдалося. Можливо, дещо збільшити розмір часток можна було б при зниженні температури синтезу та нарощування, однак, як було встановлено раніше [4], при температурах нижче 11 °С утворення магнетиту гальмується й осаджується, переважно, гідроксид $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Описані вище дослідження проводили при терміні дозрівання часток в маточному розчині протягом 0,5 год. Збільшення цього терміну показало, що кількість дрібних часток також збільшується. Тому в наступних дослідах зразки також витримували в маточному розчині протягом 0,5 год та відмивали до нейтральної реакції. В процесі досліджень змінювали співвідношення між масами іонів заліза та часток магнетиту при нарощуванні кожного наступного шару, концентрації початкових розчинів при синтезі та нарощуванні часток, проводили синтез та нарощування в стоячих розчинах та при перемішуванні, однак суттєво вплинути на гранулометричний склад твердої фази не вдалося.

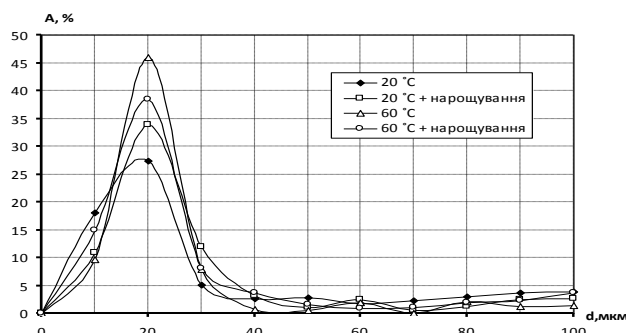


Рис. 4 – Зміна гранулометричного складу часток магнетиту при їх синтезі та нарощуванні при різних температурах

Висновок. З метою покращення фільтрувальних властивостей середовищ, сформованих із часток магнетиту, що синтезовані шляхом осадження суміші солей заліза (II) та заліза (III) лугами, були теоретично обгрунтовані можливості отримання часток з більшими розмірами. Результати експериментальних досліджень показали, що метод нарощування, як і було обгрунтовано раніше теоретично, не можна вважати прийнятним для збільшення розміру часток магнетиту. Максимальна кількість синтезованих часток мають розмір біля 20 мкм і суттєво вплинути на кількість часток, що утворюються в процесі синтезу чи нарощування практично не вдається. Незважаючи на кількість циклів нарощування та умови проведення

процесу, переважна кількість часток мають розмір на рівні 20 мкм, що практично відповідає початковому розміру часток при їх синтезі.

Список літератури: 1. Гомеля Н. Д. Использование ферромагнетиков для объемной очистки воды от нефти [Текст] / Н. Д. Гомеля, В. М. Радовенчик, А. П. Хохотва // Экотехнологии и ресурсосбережение, 2001. - №4. - С.37-40. 2. Гомеля М. Д. Видалення масел з води з використанням магнетиту, модифікованого амінами [Текст] / М. Д. Гомеля, В. М. Радовенчик, О. П. Хохотва // Экотехнологии и ресурсосбережение, 2003. - №5. - С. 45-47. 3. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов [Текст] / П. А. Коузов – Л.: Химия, 1974. – 280 с. 4. Радовенчик В. М. Исследование процессов утилизации железосодержащих растворов ферритным методом [Текст] / В. М. Радовенчик, Н. Д. Гомеля, О. Н. Терещенко // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1995. - №4. - С. 61-64.

Надійшла до редколегії 03.06.2013

УДК 628.16

Використання часток магнетиту в процесах очищення стічних вод від нафтопродуктів/ В. М. Радовенчик, М. І. Романенко, В. Ю. Черняк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.159-164. – Бібліогр.: 4 назв.

Проанализированы процессы использования сорбентов с магнитными свойствами для удаления нефтепродуктов из водных сред. Рассмотрен вопрос отделения частиц магнетита от очищенной воды. Выведены формулы для расчета коэффициента прироста радиуса частиц магнетита в процессе наращивания. Рассчитана возможность увеличения размеров частиц при разном количестве циклов наращивания. Изучен гранулометрический состав частиц магнетита, синтезированных из смеси солей железа (II) и железа (III) при разных условиях и интенсивность увеличения их размеров. Экспериментально подтверждены результаты теоретических расчетов.

Ключевые слова: нефтепродукты, дисперсные сорбенты, магнетит, наращивание, гранулометрический состав.

The processes using the magnetic properties of sorbents to remove oil from water environments. The problem of separation of magnetite particles from the treated water. The formulas for the calculation of the growth of the radius of the magnetite particles in the process of scaling up. Designed to maximize the size of the particles with different number of cycles increase. Studied the particle size distribution of magnetite synthesized from a mixture of iron (II) and iron (III) under different conditions and intensity increase of their sizes. Experimentally confirmed the results of theoretical calculations.

Keywords: oil products, sorbents, magnetite, capacity, particle size distribution.

УДК 661.321

В. В. ШМЕЛЬКОВ, аспирант., НТУ «ХПІ»;

В. Ф. РАЙКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

М. А. ЦЕЙТЛИН, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»

КИНЕТИКА ОСАЖДЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ ХЛОРИДА НАТРИЯ В ЖИДКОСТЯХ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Изучена кинетика осаждения кристаллов хлорида натрия, полученного по различным технологиям, в насыщенном водном растворе и растворах, содержащих гидроксид и карбонаты аммония. Установлено граничное значение плотности суспензии, обеспечивающее отсутствие эффекта стесненного осаждения. Результаты обобщены в виде математических зависимостей.

Ключевые слова: раствор, садовая поваренная соль, выварочная поваренная соль, осаждение, скорость осаждения, время осаждения, размер частиц, производство поваренной соли.

Вступ. Одним из важных факторов, влияющих на конструкции аппаратов для растворения или кристаллизаторов, является кинетика осаждения растворяющихся

© В. В. ШМЕЛЬКОВ, В. Ф. РАЙКО, М. А. ЦЕЙТЛИН, 2013

или образующихся кристаллов. Существующие расчетные зависимости такие, как формулы Стокса, Озеена и Ритингера (см., например, [1, 2]), полученные аналитическим путем и подтвержденные экспериментально, справедливы только для одиночных твердых частиц сферической формы с гладкой поверхностью. Хотя в литературе можно встретить методики, позволяющие с помощью поправочных коэффициентов учесть форму частиц, но, во-первых, они разработаны лишь для ограниченного набора форм. В практике же встречаются суспензии, содержащие частицы сложной формы. Кроме того, для расчета необходимо точное знание вязкости и плотности жидкости, а также плотности твердой частицы. Поскольку в практических случаях получение точных значений этих свойств сопряжено со значительными трудозатратами, а полученный результат не гарантирует соответствия расчета реальности из-за того, что геометрия оседающих частиц далека от идеальной сферы, единственным надежным источником информации о скорости осаждения остается эксперимент.

При решении ряда задач, связанных с проектированием аппаратурного оформления процессов растворения и кристаллизации, возникает необходимость в точном знании скорости осаждения частиц разнообразной формы. Такая необходимость возникла, в частности, при проектировании аппарата для растворения в восходящем потоке жидкостей, используемых в технологии кальцинированной соды, кристаллов хлорида натрия, полученных методами выпаривания в вакуум кристаллизаторах (выварочная соль) или путем естественного испарения насыщенного раствора в открытых бассейнах (садовая или морская соль). Получение таких данных и было целью исследования описанного в этой статье.

Использувавшаяся в опытах выварочная соль представляла собой кристаллы правильной формы, близкой к кубической. Более 98 % массы этих кристаллов находились в интервале размеров 0,1 – 0,5 мм.

Что касается садовой соли, то ее частицы были неправильной формы, неокатанные, с неровной разрушенной поверхностью, по-видимому, возникшей в результате дробления садового пласта в процессе добычи. 85 % массы этих кристаллов имели размер от 1 до 6 мм.

Гранулометрический состав соли использовавшейся в опытах, представлен в табл. 1. Выварочная соль содержала 99,8 % NaCl. Состав садовой соли приведен в табл. 2.

Таблица 1 – Гранулометрический состав образцов хлорида натрия.

Выварочная соль		Садовая соль	
Фракция, мм	Массовая доля, %	Фракция, мм	Массовая доля, %
более – 0,80	0	Более 6,3	12,8
0,50 ÷ 0,80	0,2	4 ÷ 6,3	21,4
0,32 ÷ 0,50	21,6	2,5 ÷ 4	48,6
0,25 ÷ 0,32	27,4	1,0 ÷ 2,5	15,2
0,10 ÷ 0,25	49,5	0,5 ÷ 1,0	1,9
менее – 0,10	1,3	менее 0,5	0,1

В большей части опытов по измерению скорости осаждения в качестве жидкости использовали насыщенный раствор хлорида натрия. Часть опытов была выполнена с насыщенным хлоридом натрия раствором, содержащим также

(кмоль/м³): аммонийные соли в пересчете на NH₃ – 5,0, карбонаты аммония в пересчете на CO₂ – 1,63, NaCl – 4,63. Такой раствор получается насыщением NaCl конденсатов, образующихся при охлаждении газов в производстве соды. Поэтому далее он называется аммиачный конденсат.

Таблица 2 – Химический состав садочной соли

Вещество	NaCl	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	нерастворимые
Массовая доля, %	96,4	0,16	0,91	1,32	0,62

Для измерения скорости осаждения кристаллов использовали стеклянную трубку, запаянную с одного конца и заключенную в стеклянный кожух с отводами для подачи воды из термостата. Внутренний диаметр трубки 50 мм, длина – 1200 мм. В трубку, заполненную раствором, быстро всыпали навеску соли. Поскольку слой оседающей соли по мере движения вниз расплывается, визуально засекали отдельно время достижения нижней метки на трубке (900 мм от свободной поверхности раствора) фронтом оседающей соли и ее тылом.

Как следует из анализа литературы, посвященной седиментационному анализу [1, 2], важным фактором получения воспроизводимых результатов является выбор величины навески для проведения эксперимента. Указывается что она должна быть возможно меньшей величины, что позволяет избежать эффекта стесненного осаждения. Однако конкретные рекомендации по ее определению отсутствуют. Следует отметить, что излишне малые навески могут иметь не репрезентативный гранулометрический состав, кроме того, в этом случае визуальный контроль процесса осаждения сильно осложняется. В силу изложенного выше, в серии предварительных опытов рациональную величину навески определяли экспериментально.

На рис. 1 представлены зависимости времени оседания кристаллов соли от массы навески для фракции выварочной соли 0,16-0,25 мм. На графиках нижняя кривая – время продвижения фронта оседающих частиц до глубины 900 мм, верхняя кривая – время продвижения тыла оседающих частиц до той же глубины. Из графиков видно, что с увеличением массы навески время оседания фронта оседающих частиц снижается до некоторой величины, а затем стабилизируется. Продвижение тыла, наоборот, с увеличением массы навески замедляется. Аналогичные графики были получены для ряда других фракций полученных рассевом выварочной и садочной соли.

Можно предположить, что экстраполяция графиков на нулевую массу представляет время оседания одиночных частиц, имеющих максимальный (фронт) и минимальный (тыл) размер в данной фракции. Кроме того, из графиков видно, что время продвижения фронта и тыла оседающих частиц при массе навески 0,5 г весьма мало отличается от результатов этой экстраполяции и может быть принято за время оседания одиночных частиц.

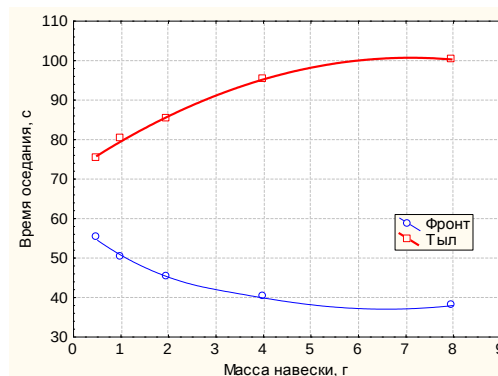


Рис. 1 – Зависимости времени оседания кристаллов соли фракции 0,16-0,25 мм от массы навески

В пользу высказанного предположения говорит то, что, как показал опыт, времена оседания фронта фракции 0,1-0,125 мм и тыла фракции 0,125-0,16 мм при массе навески 0,5 г весьма близки. То есть, при этой массе, не зависимо от того являются данные частицы самими крупными или самыми мелкими во фракции, скорость их оседания одинакова. Аналогичные выводы можно было сделать, рассматривая все последовательные пары фракций, с которыми проводились опыты.

То, что скорость продвижения фронта оседающих частиц при навеске 0,5 г близка к скорости оседания одиночных частиц, подтверждается замерами времени продвижения фронта оседающих частиц до глубины 300 и 600 мм. Результаты этих измерений для фракции 0,125-0,16 мм при массе навески 0,5 и 4 г представлены на рис. 2. Как видно из рисунка, график для навески 0,5 г практически линеен. Из этого следует, что скорость оседания частиц постоянна и определяется только размером частиц. При навеске 4 г время продвижения фронта на первые 300мм существенно (более чем в 2 раза) выше, чем при навеске 0,5 г, и только при дальнейшем продвижении, по мере снижения плотности оседающей суспензии, скорость снижается, приближаясь к результатам, полученным для навески 0,5 г.

Для того, чтобы полученный результат можно было распространить на трубки иного диаметра, чем в нашем исследовании, следует отнести массу навески к площади поперечного сечения трубки. Эта величина составит $0,005/(0,785 \cdot 0,052) = 2,55 \text{ кг/м}^2$. Из проведенных экспериментов можно заключить, что при меньшем значении этой величины плотность суспензии, образующейся при высыпании навески хлорида натрия в раствор, уже,

практически, не влияет на скорость оседания частиц.

Здесь стоит остановиться на причинах ускорения продвижения фронта оседающих частиц и замедлении продвижения тыла при больших массах навесок. В литературе [1, 2] это связывают с увеличением плотности оседающей суспензии. Возможно, плотность суспензии является хорошей обобщенной характеристикой, которую можно рассматривать в качестве фактора, определяющего ускорение оседания, но она не проясняет, ни механизма процесса, ни, тем более, замедления продвижения тыла оседающих частиц.

По нашему мнению, ускорение оседания при высокой плотности суспензии объясняется тем, что в этом случае расстояние между твердыми частицами меньше, чем толщина жидкостной пленки, которая, как известно, в частности, из цитированной выше литературы, окружает оседающую частицу и, в той или иной мере, увлекается ею. В результате не отдельные частицы движутся сквозь неподвижную жидкость, а их группы, объединенные общей оболочкой жидкости. Сопротивление движению такого объединения в расчете на отдельную частицу меньше, чем, если бы она двигалась отдельно от других, а, следовательно, скорость оседания выше. Однако это касается только фронта оседающей суспензии. Частицы этого фронта вместе с увлеченною ими жидкостью перемещаются вниз, вытесняя

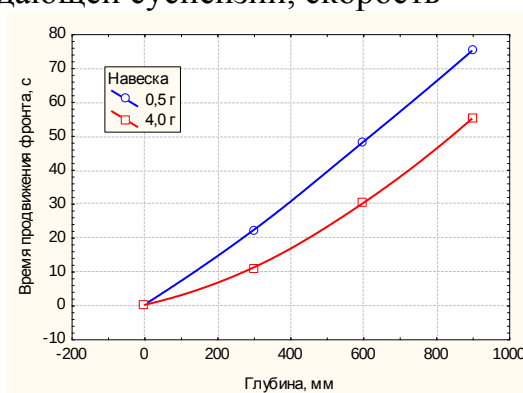


Рис. 2 – Зависимость времени продвижения фронта оседающих частиц от глубины для фракции 0,125-0,16 мм при массе навески 0,5 и 4 г.

жидкость, которая создает восходящий ток. Именно этот восходящий поток и вызывает замедление продвижения тыла оседающих частиц. Подтверждением существования восходящего потока жидкости внутри слоя оседающей суспензии можно считать возникновение внутри него вихрей, которые визуализируются в виде циркуляции некоторых частиц.

Вернемся к определению скорости оседания кристаллов хлорида натрия в насыщенном растворе. На рис. 3 приведена зависимость скорости оседания частиц соли от их размера (сплошная линия). Для сравнения там же приведен график этой зависимости (пунктирная линия), полученный расчетом. Причем расчетные формулы использовались в соответствии с рекомендациями монографии [116]: формула Озеена для интервала размеров частиц от 0,1 до 1 мм и Ритингера – от 1 до 5 мм. Экспериментальные данные для интервала от 0,1 до 0,8 мм получены в опытах с выварочной солью, а для интервала 1-6 мм – с садочной солью.

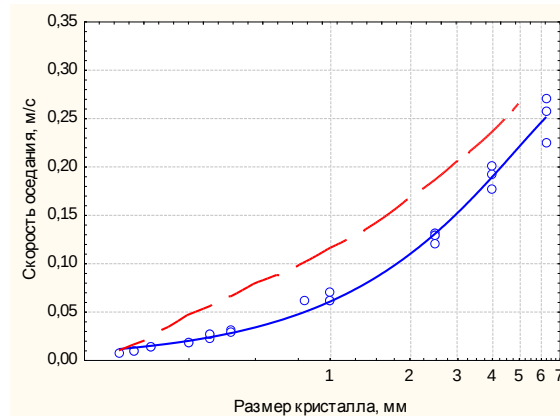


Рис. 3 – Зависимость скорости оседания соли от размера частиц

Как видно из графиков, расчетные скорости оседания выше, найденных экспериментально, во всем диапазоне размеров. Однако наибольшая относительная ошибка расчета (до 100 %) наблюдается в интервале 0,3-2 мм. К краям исследованного диапазона различие сглаживается, а для частиц, имеющих размер порядка 0,1 мм, практически отсутствует.

Расхождение между расчетом и экспериментом может быть объяснено, главным образом, отличием формы поверхности исследованных частиц от сферической и шероховатостью поверхности. Также следует принять во внимание, что максимальная ошибка расчета приходится на интервал размеров частиц, соответствующий краям диапазонов применимости соответствующих формул, то есть области, где они дают наибольшую ошибку. Следует отметить, что найденное нами расхождение результатов расчета скорости оседания по известным формулам с опытом, лишний раз подтверждает высказанное выше положение, что надежные данные для каждого конкретного случая могут быть получены лишь в эксперименте. Расчет же по известным из литературы зависимостям может быть весьма полезен в случае, когда экспериментальное определение по каким либо причинам невозможно и достаточно приближенной оценки требуемого показателя.

Результаты определения скорости оседания кристаллов NaCl были обобщены в виде полиномов, которые имеют следующий вид:

- для выварочной соли КСЗ

$$w = 0,0006 + 0,0759 d, \quad (1)$$

- для садочной соли

$$w = 0,010 + 0,0539 d - 0,0025 d^2, \quad (2)$$

где d – размер кристалла, мм; w – скорость оседания, м/с.

Точность уравнения (1) характеризуется коэффициентом корреляции между расчетом и экспериментом $R = 0,984$ и среднеквадратической ошибкой расчета

скорости оседания $СКО = 0,0017$ м/с. Аналогичные показатели для уравнения (2) – $R = 0,971$, $СКО = 0,011$ м/с

Для иллюстрации степени совпадения расчета по уравнениям (1) и (2) на рис. 4 а и б приведены экспериментальные данные (точки) и результаты расчета по указанным уравнениям (линии) с доверительными интервалами (пунктир).

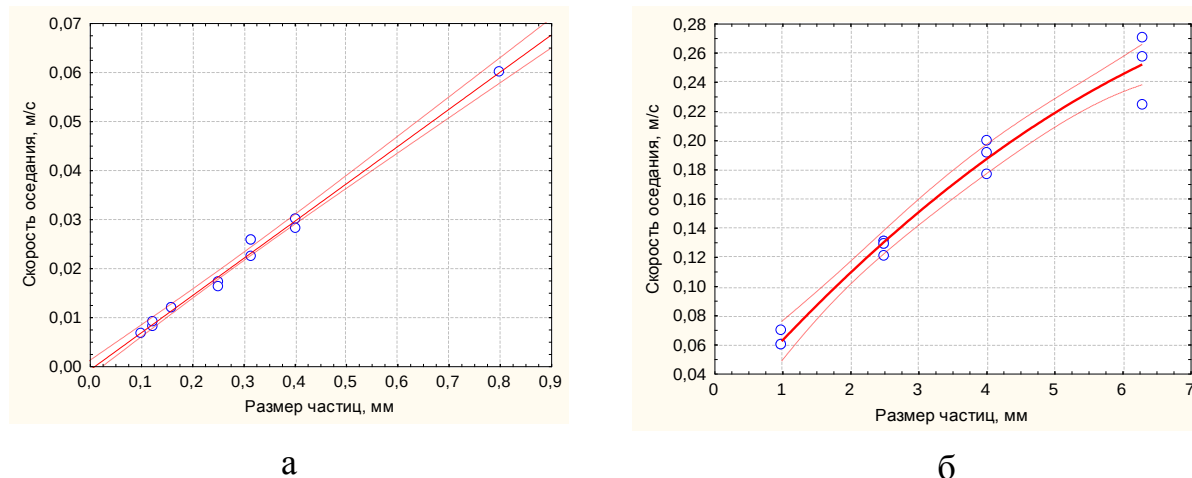


Рис. 4 – Зависимость скорости оседания от размера кристаллов:
а – выварочной соли; б - садочной соли

Из графиков, в частности, видно, что с увеличением размера кристаллов увеличивается и рассеивание экспериментальных точек. Это связано с особенностями методики измерения. Абсолютная ошибка определения времени, необходимого для достижения фронтом оседающих частиц нижней метки в измерительной трубке, не превышает 0,5 с. С увеличением размера частиц и соответствующим ростом скорости оседания уменьшается время оседания и, следовательно, растет относительная ошибка измерения. Это отчетливо видно из графика на рис. 4 б.

Данные о кинетике осаждения кристаллов хлорида натрия в насыщенном растворе NaCl могут быть пересчитаны для других жидкостей на основе известного [1] свойства – обратной пропорциональности между вязкостью раствора и скоростью оседания частиц. Для контроля адекватности результатов такого расчета эксперименту были выполнены опыты с выварочной солью фракции 0,25-0,315 мм и садочной солью фракции 2,5-4 мм. Скорость оседания этих фракций измеряли в аммиачном конденсате. Результаты сопоставления расчета и опыта приведены в табл. 3, где в столбце «расчет» находятся значения скорости оседания, определенные по формулам (1), (2) и скорректированные по вязкости. Последнюю находили с использованием методик, приведенных в работах [3, 4]. Рассчитанное по ним значение вязкости насыщенного раствора хлорида натрия (при температуре опытов 23 °С) составило $1,75 \cdot 10^{-3}$ Па·с, аммиачного конденсата, насыщенного солью – $2,05 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Из данных табл. 3 видно, что расчет систематически (в среднем на 9 %) занижает скорость оседания в сравнении с экспериментом. Эту ошибку можно отнести на счет неточности расчетного определения вязкости раствора. Она может быть учтена умножением коэффициентов уравнений (1) и (2) на отношение вязкостей насыщенного раствора хлорида натрия и конденсата, насыщенного солью и на коэффициент 1,09 (для корректировки систематической ошибки).

Таблица 3 – Скорость оседания кристаллов соли в аммиачных конденсатах.

Вид соли	Скорость оседания, м/с			
	Фронт		Тыл	
	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет
Выварочная	0,0225	0,0209	0,0176	0,0167
Садочная	0,180	0,158	0,120	0,110

В результате экспериментального исследования кинетики осаждения кристаллов хлорида натрия в растворах, используемых в технологии кальцинированной соды, установлено, что скорость осаждения зависит от плотности суспензии и положения в слое. Частицы, находящиеся во фронтальной части слоя оседающей суспензии, с ростом плотности увеличивают скорость оседания, а в тыльной – замедляют. При плотности менее 2,6 кг/м² скорость оседания частиц суспензии уже практически сравнивается со скоростью оседания одиночных частиц и при заданных плотности и вязкости раствора определяется только размером частицы и ее формой. В частности, скорость осаждения кристаллов садочной соли зависит от их размера практически линейно (в интервале размеров от 0,1 до 0,8 мм). Зависимость же скорости осаждения кристаллов садочной соли (размер от 1 до 6 мм) имеет выраженный параболический характер.

Список литературы: 1. Коузов П. А. Основы анализа промышленных пылей и измельченных материалов / Коузов П. А. – Л.: Химия, 1987 – 264 с. 2. Фигуровский, Н. А. Седиментометрический анализ / Н. А. Фигуровский; под ред. и с предисл. П. А. Ребиндера – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – 332 с. 3. Ткач Г. А. Производство соды по малоотходной технологии. // Г. А. Ткач, В. П. Шапорев, В. М. Титов – Харьков: ХГПУ, 1998. – 429 с. 4. Эзрохи Л. Л. Метод расчета плотности сложных солевых растворов // Методы переработки и анализа соляного сырья. / Л. Л. Эзрохи // Труды ВНИИГ. – Л.: Госхимиздат, 1959. – Вып. 36. – С. 16-36.

Поступила в редколлегию 02.06.2013

УДК 661.321

Кинетика осаждения кристаллов хлорида натрия в жидкостях содового производства / Шмельков В. В., Райко В. Ф., Цейтлин М. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.164-170. – Бібліогр.: 4 назв.

Вивчено кінетику осадження кристалів хлориду натрію, отриманого за різними технологіями, в насиченому водному розчині і розчинах, що містять гідроксид і карбонати амонію. Встановлено граничне значення густини суспензії, що забезпечує відсутність ефекту стисненого осадження. Результати узагальнено у вигляді математичних залежностей.

Ключові слова: розчин, садочна кухонна сіль, виварочна кухонна сіль, осадження, швидкість осадження, час осадження, розмір часток, виробництво кухонної солі.

The kinetics of sodium chloride crystals precipitation, obtained according to various technologies, in saturated aqueous solution and solution, which contain ammonium hydroxide and carbonates, was studied. The limit value of the slurry density, providing no hindered effect was sat. The results are summarized in the form of mathematical equations.

Keywords: solution sedimentary salt, salt of boiled, precipitation, deposition rate, deposition time, particle size, production of salt.

УДК 637.142.2

Н. В. РЯБОКОНЬ, аспирант, НУПТ, Киев;

Т. Г. ОСЬМАК, канд. техн. наук, ассистент, НУПТ, Киев;

О. В. КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, доц., НУПТ, Киев

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ СГУЩЕННЫХ МОЛОЧНЫХ КОНСЕРВОВ С ПЛОДОВО-ЯГОДНЫМИ СИРОПАМИ

Соответственно основным принципам оптимизации составлено параметрическую схему технологического процесса охлаждения сгущенных молочных консервов с сахаром и плодово-ягодными наполнителями, определены входящие и выходящие факторы, установлен и обоснован критерий оптимизации. В статье установлена зависимость коэффициента динамической вязкости от массовой доли сухих веществ сгущенной молочно-сахарной основы и плодово-ягодных сиропов.

Ключевые слова: сгущенные молочные консервы с сахаром и плодово-ягодными сиропами; критерий оптимизации, охлаждение, массовая доля сухих веществ, температура, динамическая вязкость, оптимальный состав.

Введение. Оптимизация - целенаправленная деятельность, заключающаяся в получении наилучших результатов при соответствующих условиях.

Основными принципами оптимизации предусмотрено сочетание последовательности технологических операций, их физических и биохимических закономерностей, технологических режимов, конструктивных параметров машин и аппаратов, основных законов управления и экономики, конъюнктуры рынка, направленных на снижение затрат на производство и получения наибольшей прибыли [3].

При производстве сгущенных молочных консервов на предприятиях повседневно решаются задачи оптимизации, направленные на увеличение выхода продукции, улучшение ее качества, уменьшение производственных потерь, выпуска продукции сбалансированного химического состава и повышения ее биологической ценности.

Согласно условиям системного подхода при создании рациональных технологий, на кафедре технологии молока и молочных продуктов Национального университета пищевых технологий разработана технология сгущенных молочных консервов с сахаром и плодово-ягодными сиропами (СМК с сахаром и ПЯС). Производство СМК с сахаром и ПЯС - большая система, которую можно разделить на следующие подсистемы: нормализация смеси, термическая обработка нормализованной смеси (пастеризация, сгущение), охлаждение подсгущенной смеси, внесение плодово-ягодных сиропов (ПЯС), перемешивание, хранения.

Технологический процесс производства СМК с сахаром и ПЯС предусматривает внесения ПЯС в подсгущенную смесь на этапе охлаждения, от параметров, проведения которого во многом зависит качество готового продукта.

Стабильность сохранения качества сгущенного продукта, что обеспечивается неизменными в процессе хранения органолептическим и физико-химическим показателям, возможна только при соблюдении технологических параметров охлаждения сгущенной молочно-сахарной смеси.

Разработанная технология предусматривает смешивание охлажденной до $(20 \pm 5)^\circ$ сгущенной основы с плодово-ягодным сиропом в вакуум-кристаллизаторе непосредственно перед фасовкой, что гарантирует получение качественного продукта, в котором не происходит дополнительных изменений составляющих компонентов. В этом случае внесенные плодово-ягодные сиропы не теряют своей биологической ценности и вкусовой гаммы, поскольку не подвергаются дополнительному воздействию тепловой обработки.

Цель работы. Целью работы является исследование по установлению рациональных параметров процесса охлаждения сгущенной сахарно-молочной смеси с ПЯС.

Обсуждение результатов. При системном анализе подсистемы охлаждения, на первом этапе была составлена параметрическая схема технологического процесса, определены входные управляющие и выходные управляемые факторы, выбраны и обоснованы критерий оптимизации. На втором этапе проводились исследования подсистемы охлаждения молочно-сахарной смеси с ПЯС с целью определения

влияния
рецептурных
компонентов на
качество СМК.
Параметрическая
схема подсистемы
охлаждения
сгущенного
молочно-сахарной
смеси с ПЯС
представлена на
рис. 1.



Рис. 1 - Параметрическая схема подсистемы охлаждения молочно-сахарной смеси с ПЯС

Анализ технологической системы, показал, что главными управляющими параметрами данной подсистемы являются: массовая доля сухих веществ сгущенной молочно-сахарной смеси, массовая доля сухих веществ плодово-ягодных сиропов, температура охлаждения. Исходным управляемым показателем, что наиболее существенно характеризует данную технологическую операцию и влияет на формирование качественных показателей, есть коэффициент динамической вязкости.

Наиболее полно исследовать как степень влияния каждого из показателей, так и их взаимодействие позволяет проведение ортогонального композиционного планирования второго порядка (ОКП) [1, 5].

Планирование эксперимента предусматривало проведение процедуры выбора числа и условий протекания исследований, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с заданной точностью. Исходными данными для проведения ОКП являются:

X_{01} - массовая доля сухих веществ сгущенной молочно-сахарной смеси 76%, интервал варьирования 2%;

X_{02} - температура охлажденной смеси 20°C , интервал варьирования 3°C ;

X_{03} - массовая доля сухих веществ плодово-ягодных сиропов 67%, интервал варьирования 3%.

Количество опытов для ОКП рассчитывается по (1):

$$N = N^0 + 2k + n_0 \quad (1)$$

где N – количество опытов, n_0 – количество опытов в центре планирования, k – число факторов, N_0 – число опытов полного факторного эксперимента $2k$.

То есть, $N = 8 + 2 \cdot 3 + 1 = 15$.

Натуральные значения факторов перевели в кодированные переменные по (2):

$$x_i = \frac{C_i - C_{i0}}{\alpha_i} \quad (2)$$

где C_i , C_{i0} – значение фактора в натуральных величинах, соответственно на верхнем, нижнем и нулевом уровнях; α_i – интервал варьирования фактора; i – номер фактора.

Матрица планирования эксперимента в кодированных переменных представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента в кодированных переменных

Номер эксперимента	X1	X2	X3
1.	-1	-1	-1
2.	1	-1	-1
3.	-1	1	-1
4.	1	1	-1
5.	-1	-1	1
6.	1	-1	1
7.	-1	1	1
8.	1	1	1
9.	-1,215	0	0
10.	1,215	0	0
11.	0	-1,215	0
12.	0	1,215	0
13.	0	0	-1,215
14.	0	0	1,215
15.	0	0	0

Проверку однородности полученных данных проведена по (3):

$$S_{yj}^2 = \frac{\sum_{l=1}^m (y_{jl} - \overline{y_j})^2}{m - 1} \quad (3)$$

Для проверки гипотезы об однородности оценок дисперсий пользовались критерием Корхена, который определяли по (4):

$$Gp = \frac{S_{y \max}^2}{\sum_{j=1}^N S_{yj}^2}, \quad (4)$$

После реализации эксперимента осуществлено статистическую обработку результатов, которая заключалась в получении коэффициентов регрессии математической модели и оценке ее адекватности исследуемого процесса. Известно, что один из факторов больше влияет на изменение состояния системы, чем другой [4]. Поэтому, на основе результатов исследований была поставлена цель – определить коэффициенты регрессии, провести оценку их значимости и проверить адекватность полученной модели.

Коэффициенты уравнения регрессии рассчитывали по (5) и (6).

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot y_u}{N} \quad (5)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot y_u}{N} \quad (6)$$

где x_{iu} – значение переменной в соответствующем столбце плана эксперимента ($x_{iu} = \pm 1$); y_u – результаты u -го эксперимента; i – номер фактора; j – номер фактора, отличный от i ; u – номер варианта эксперимента; N – общее число опытов.

Коэффициенты уравнения регрессии считаются значимыми, если выполняется следующее неравенство:

$$t_{ip} > t_{табл}$$

где t_{ip} – расчетный критерий Стьюдента; $t_{табл}$ – табличное значение критерия Стьюдента.

Расчет критерия Стьюдента провели для каждого из коэффициентов регрессии по (7):

$$t_{ip} = \frac{b_i}{S_{bi}} \quad (7)$$

Дисперсию адекватности рассчитывали по формуле:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - y_u)^2}{f} \quad (8)$$

Адекватность уравнения проверяем по критерию Фишера (F_p), который рассчитывали по (9):

$$F = \frac{S_{ag}^2}{S^2} \quad (9)$$

Результаты эксперимента представлены на рис 2.

	Ycp				(Ycp-Y) ²	Yp		(Yp-Ycp) ²		
1	4	4	4	4	0	5,585041	2,512357		Расчетный Стьюдент	
2	2	2	2	2	0	2,001708	2,918073			
3	4	4	4	4	0	5,585041	2,512357	t_0	0,12627400443	
4	2	2	2	2	0	2,001708	2,918073	b_1	0,57025722403	2,343809636
5	4	4	4	4	0	5,406425	1,978034	b_2	0,37404112017	1,516074761
6	8	9	9	8,666666	0,666666	8,989759	0,104388	b_3	1,70235883295	6,900052221
7	4	5	4	4,333333	0,666666	5,406425	1,151528	b_{12}	0,125	0,433012701
8	10	10	10	10	0	8,989759	1,020586	b_{13}	1,79166666666	6,206515393
9	9	9	9	9	0	8,128274	0,759904	b_{23}	0,20833333333	0,721687836
10	9	9	9	9	0	8,128274	0,759904	b_{11}	0,41373204457	1,058224721
11	6	6	6	6	0	8,128274	4,529553	b_{22}	0,9401671165	2,404716042
12	8	8	8	8	0	8,128274	1,645442	b_{33}	2,6325410680	6,733391997
13	3	3	3	3	0	2,173685	0,682795			
14	6	6	6	6	0	6,310417	9,635924			
15	8	5	9	7,333333	8,666666	8,128274	0,631932			
сумма					10		16,75616			
					S _{cp} = 6,666667		S _{ad} = 1,523287			

Рассчитать коэф.

Показать план

Расчетный Фишер

2,2849305648201

Табличный Стьюдент

4,3

Рис. 2 - Результаты планирования эксперимента

Как видно, для коэффициентов b_2 , b_{12} , b_{23} , b_{11} , b_{22} условие $t_{ip} > t_{табл}$ не выполняется, то есть коэффициенты необходимо считать несущественными [2,5].

Уравнение регрессии в кодированной форме приобрело вид:

$$y = 8,1 + 0,58 \cdot x_1 + 0,37 \cdot x_2 + 1,7 \cdot x_3 + 0,13 \cdot x_1 x_2 + 1,79 \cdot x_1 x_3 + 0,21 \cdot x_2 x_3 + 0,41 \cdot x_1^2 - 0,94 \cdot x_2^2 - 2,63 \cdot x_3^2$$

На рис. 3 - 5 отображены полученные поверхностей в соответствии с уравнением регрессии.

Для установки оптимальных параметров охлаждения была составлена программа крутого восхождения по методу Бокса-Уилсона [2, 4] (табл. 2).

Согласно полученным данным, благодаря программе крутого восхождения, проведены дополнительные исследования, в результате которых получены оптимальные значения процесса охлаждения (табл. 3).

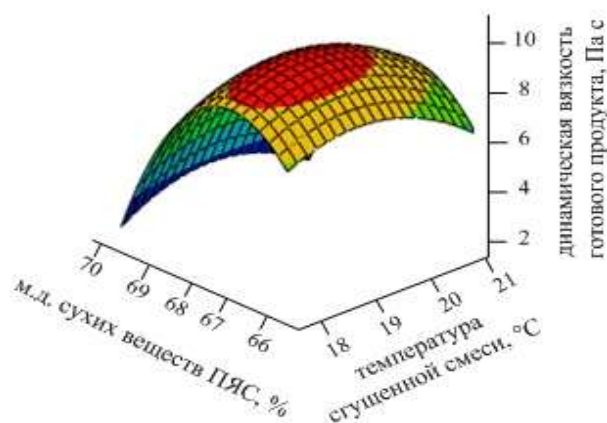


Рис. 3 - График поверхности влияния температуры сгущенной смеси и массовой доли сухих веществ ПЯС на показатель динамической вязкости готового продукта

Таблица 2 – Программа крутого восхождения

Интервал варьирования и уровень фактора	Значение фактора в натуральных сменных	
	X ₁ , %	X ₃ , %
Нулевой уровень, x _{0i}	76	67
Интервал варьирования, Δx _i	2	3
Верхний уровень фактора, x ⁺	78	70
Нижний уровень фактора, x ⁻	76	64
Коэффициент уравнения регрессии, β _i	0,58	1,7
Натуральный масштаб интервалов варьирования, b _i Δx _i	1,16	5,1
Коэффициент пропорциональности, $k_i = \frac{ \beta_i \Delta x_i}{ b_i }$	0,23	1
Шаг изменения значения фактора	0,5	1

Таблица 3 – Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Факторы оптимизации		Критерий оптимизации, η, Пас
	X ₁ , %	X ₃ , %	
1	76	67	6,7
2	76,5	68	7,3
3	77	69	8,5
4	77,5	70	11,2

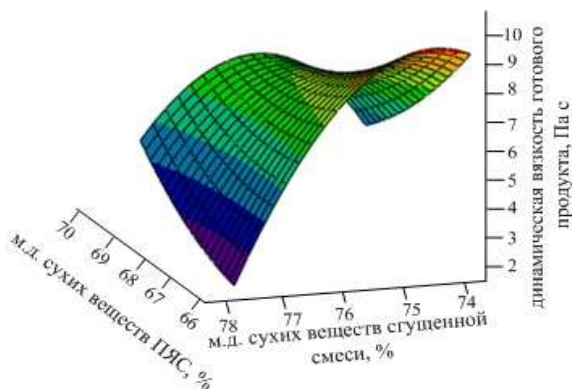


Рис. 4 - График поверхности влияния массовой доли сухих веществ ПЯС и массовой доли сухих веществ сгущенной смеси на показатель динамической вязкости готового продукта

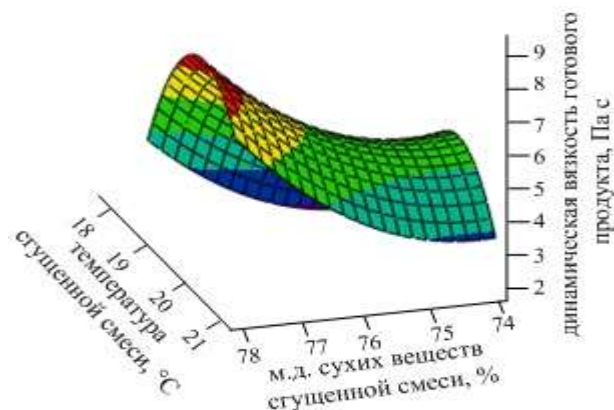


Рис. 5 - График поверхности влияния массовой доли сухих веществ сгущенной смеси и ее температуры на показатель динамической вязкости готового продукта

Выводы. Анализ математической модели подтвердил влияние массовой доли сухих веществ сгущенной молочно-сахарной смеси и плодово-ягодных сиропов на коэффициент динамической вязкости. Оптимальный состав смеси: массовая доля сухих веществ сгущенной молочно-сахарной смеси - 77%, плодово-ягодных сиропов - 69% при температуре охлаждения 20 °C.

Список литературы: 1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю. П., Марков Е. В., Грановский Ю. В. – М.: Наука, 1976. – 278 с. 2. Грачев Ю. П. Математические методы планирования экспериментов / Грачев Ю. П. – М.: Пищевая промышленность, 1979 – 200 с. 3. Ивашкин Ю. А. Моделирование производственных процессов мясной и молочной промышленности / Ивашкин Ю. А., И. И. Протопопов. - М.: ВО Агропромиздат, 1987 – 232 с. 4. Остапчук Н. В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств / Остапчук Н. В. – Киев, 1981. – 194 с. 5. Федоров В. Г. Планирование и реализация экспериментов в пищевой промышленности / В. Г. Федоров, А. К. Плесконос. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 240 с.

Поступила в редколлегию 02.06.2013

УДК 637.142.2

Оптимизация процесса охлаждения сгущенных молочных консервов с плодово-ягодными сиропами / Рябоконь Н. В., Осьмак Т. Г., Кочубей-Литвиненко О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.171-176. – Бібліогр.: 5 назв.

Відповідно до основних принципів оптимізації складено параметричну схему технологічного процесу охолодження згущених молочних консервів з цукром і плодово-ягідними сиропами, визначено вхідні та вихідні фактори, обрано та обґрунтовано критерій оптимізації. У статті встановлено залежність коефіцієнта динамічної в'язкості від масової частки сухих речовин згущеної молочно-цукрової суміші і плодово-ягідних сиропів.

Ключові слова: згущені молочні консерви з цукром і плодово-ягідними сиропами, критерій оптимізації, охолодження, масова частка сухих речовин, температура, динамічна в'язкість, оптимальний склад.

According to the basic principles of optimization parametric scheme it was drawn scheme the process of cooling condensed canned milk with sugar and fruit - berry syrup, it was defined input and output factors, were chosen and reasonably the optimization criterion. In this paper been established the dependence of the coefficient of dynamic viscosity of the mass fraction of solids condensed milk - sugar mixture and fruit syrups.

Keywords: canned condensed milk with sugar and fruit-berry syrups, the criterion of optimization, cooling, mass fraction of solids, temperature, dynamic viscosity, optimum composition.

НОВІ НАУКОВІ РОЗРОБКИ У ГАЛУЗІ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто перспективні наукові розробки у галузі харчових технологій, що стосуються вдосконалення технології рафінації і переробки олій та жирів. На основі узагальнення науково-технічної літератури визначені перспективні напрямки подальшого розвитку олійно-жирової промисловості.

Ключові слова: олійно-жирова галузь, олія, жир, білок, ферменти, купажі, рафінація, нейтралізація, окиснення.

Вступ. Аграрний сектор України виробляє майже 20 % внутрішнього валового продукту. Як же використовується такий значний потенціал сільськогосподарської сировини? Прикладом вирішення цього завдання є олійно-жировий комплекс нашої країни, позитивна динаміка розвитку якого, відома всім.

На сьогоднішній день олійно-жирова промисловість є однією з провідних у харчовій промисловості. Сприятливі кліматичні умови і родючі ґрунти України створюють найкращі умови для вирощування олійних культур – соняшнику, сої, ріпаку. Але основною культурою залишається соняшник, частка якого в загальному обсязі виробництва олійних досягає 90 %. Основною ж сировиною для виробництва олій є насіння соняшнику, але й насіння сої, ріпаку та інших культур також використовується [1].

Олійні культури є найбільш рентабельними для сільгоспвиробників, незалежно від показників врожаю, що обумовлено високим внутрішнім попитом з боку переробного сектора, який в період сприятливої кон'юнктури посилюється за рахунок імпортерів [1].

В Україні в 2012 році був зібраний досить високий врожай основних видів олійних культур – близько 12 млн. тонн. Питома вага соняшнику залишилася на традиційно високому рівні – близько 80 %, сої – 15 %, ріпаку – 5 % [1].

На початок поточного 2012/2013 маркетингового року загальний потенціал з переробки олійних культур в цілому склав 14,8 млн. тонн на рік, а по соняшнику вчасності – 12,2 млн. тонн, а до 2015 року очікується збільшення потенціалу переробки соняшнику до 1 млн. тонн [1].

В останні декілька років другою за значимістю олійною культурою в Україні стала соя, протягом останніх трьох років її виробництво збільшилося майже в 1,5 рази. У 2012/2013 маркетинговому році був зібраний врожай 2,4 млн. тонн, у 2013/2014 прогнозується близько 3,0 млн. тонн, а до 2015 року очікується збільшення до 5,0 млн. тонн. Таке нарощування виробництва стимулює збільшення переробного потенціалу [1].

Єдина олійна культура в Україні, яку практично повністю експортують і яка є не привабливою для внутрішніх переробників – це ріпак. Внутрішні споживачі традиційно віддають перевагу продуктам переробки соняшнику, які доступні в достатній кількості і за конкурентними цінами. За останні 5 років виробництво ріпаку в Україні скоротилося майже в 2,5 рази.

Олійно-жирова галузь займає значне місце в структурі харчової промисловості України і є потужним промисловим комплексом, головною метою якого є

збільшення випуску і підвищення якості олій і різноманітних продуктів, одержаних шляхом подальшої її переробки. Завдяки технологічним удосконаленням, які відбулися в олійно-жировій галузі за останні роки, даний сегмент став дуже привабливим для інвестування. Власне інвестиційна привабливість галузі сприяла активному її розвитку і нарощуванню виробничого потенціалу [1].

Для підвищення рентабельності виробництва варто розглянути можливість більш глибокої переробки і звичайно не можна випускати з виду такий момент як впровадження енергозберігаючих технологій.

Аналіз останніх досліджень і літератури. Сформовані ринкові умови практично виключають реалізацію нерафінованих олій і жирів, тому на даний час одним з актуальних завдань вітчизняної олійно-жирової промисловості є підвищення якості та конкурентоспроможності олій за рахунок вдосконалення технологій їх рафінації, що забезпечує максимальний ступінь очищення від різних груп супутніх триацилгліцеринам речовин. Традиційний комплекс рафінації олій об'єднує значну кількість модулів, таких як гідратація, лужна нейтралізація, виморожування, вибілювання та дезодорація, але він не завжди забезпечує достатньо повне видалення супутніх триацилгліцеринам речовин і вимагає використання різних реагентів у вигляді мінеральних і органічних кислот, їх солей, а також поверхнево-активних речовин. Як правило, діючі у комплексі технологічні прийоми специфічні і супроводжуються значними витратами, високими відходами та втратами.

Мета дослідження, постановка проблеми. Мета даної роботи полягає в розгляді нових наукових розробок у галузі харчових технологій і узагальненні літературних даних щодо визначення перспективних напрямків розвитку олійно-жирової промисловості.

Матеріали досліджень. Олійно-жирову промисловість не можна віднести до галузей, які найбільш схильні до інновацій. Принципи багатьох процесів, зокрема лужної нейтралізації, були розроблені ще п'ятдесяті роки минулого століття.

Одним з перспективних напрямків розвитку олійно-жирової промисловості, які забезпечать збереження енергетичних і матеріальних ресурсів та сприятимуть скороченню кількості відходів і небажаних продуктів, можна вважати використання ферментних технологій. Використання ферментних препаратів мікробіологічного походження у гідратації соняшникової олії дає змогу отримати високоякісний фосфатидний концентрат з підвищеними емульгуючими властивостями, а також знизити витрати сировини і тим самим підвищити ефективність виробництва [2, 3].

Іншим напрямком розвитку олійно-жирової промисловості є вдосконалення класичної технології лужної нейтралізації, а саме нейтралізації в мильно-лужному середовищі, але вже з використанням системи вода-гліцерин-етанол, яка зможе забезпечити максимально ефективне розділення фаз, мінімальні втрати нейтрального жиру і більш раціональну переробку вторинних відходів [4, 5].

Підвищення вимог споживача до якості олійно-жирової продукції і необхідності подальшого вдосконалення визначення рівня і ступеня якості такої продукції пов'язано з процесами окиснення жирів, тому проблема запобігання окислювального псування жирів продовжує залишатися гострою. Зрозуміло, що найбільш радикальним вирішенням проблеми окислювального псування жирів у процесі їх видобування та переробки, є проведення всіх процесів без доступу кисню. Отже однією з найбільш важливих властивостей олій є стійкість до окиснення на різних

стадіях переробки та зберігання. Окисненню, в першу чергу, піддаються ацили поліненасичених жирних кислот, що призводить до зниження вмісту есенціальних жирних кислот і, відповідно, до зниження фізіологічної цінності, погіршення органолептичних та фізико-хімічних показників якості та скороченню термінів придатності олій. Враховуючи це, актуальними є дослідження з визначення кількісного впливу на кінетику окиснення таких факторів, як жирно-кислотний склад олій, вміст природних та внесених антиоксидантів, умов, при яких відбувається окиснення [6, 7].

У харчовій промисловості в якості добавок, які стримують і іноді навіть запобігають процесу окиснення харчових продуктів, використовують антиоксиданти природного і синтетичного походження. На сьогоднішній день, одним з перспективних видів рослинної сировини для отримання природних антиоксидантів є вторинна олійна сировина, яка утворюється при отриманні соняшникової олії, а саме соняшниковий шрот з якого методом спиртової екстракції можна отримувати хлорогенову кислоту – ефективний природний антиоксидант [8].

Олійні рослини, зокрема соняшник, за кількістю протеїну перевищує багато культур, поступаючись лише бобовим. А білковий комплекс насіння соняшнику, маючи високий вміст незамінних амінокислот, які необхідні для організму людини, дуже наближений до білків тваринного походження. Тому рішення проблеми дефіциту білку для нашої країни може полягати в розробці нових технологій одержання харчового білкового комплексу із вітчизняної відновлювальної олійно-жирової сировини. [9, 10, 11]. Отже дослідження процесів одержання білкових продуктів на підставі дослідження хімічного складу насіння соняшнику вітчизняної селекції є також актуальними. Теоретичні обґрунтування вибраних методів отримання білкових продуктів дозволить удосконалити технологію їх одержання та підвищити їх якість та цінність. Крім того, отримання різноманітних форм білкових продуктів з насіння соняшнику вітчизняної селекції дозволить знизити дефіцит білка у харчуванні населення України та за рахунок використання натуральних білків рослинного походження замість білків тваринного походження, дозволить зменшити валютні витрати на імпорт аналогічної продукції, тобто зменшить залежність від імпортних поставок білкових продуктів, гарантуватиме вітчизняним харчовим виробництвам стабільне постачання якісної харчової сировини вітчизняного виробництва, що створить умови для підвищення рівня зайнятості населення в Україні.

Завдяки високій біологічній цінності, олійно-жирова продукція займає важливе місце в збалансованому харчуванні населення. Фахівці в області харчування надають великого значення збільшенню частки олій, які використовуються в їжу, та при виробництві харчових продуктів тому що до їх складу входять важливі незамінні або поліненасичені жирні кислоти, що сприятливо впливають на організм людини.

У природі олій зі збалансованим складом поліненасичених жирних кислот ω -6 та ω -3 не існує. Одним з шляхів вирішення проблеми одержання олій з раціональним співвідношенням поліненасичених жирних кислот сімейств ω -6 та ω -3 є їх купажування. Тому дослідження, які направлено на розробку рецептур та основ конкурентоспроможної технології купажів вітчизняних олій з поліпшеними фізіологічними властивостями, гарними органолептичними показниками та невисокою собівартістю, також є актуальними. Одержані купажі відповідатимуть

співвідношенням збалансованих олій і можуть бути використані як для безпосереднього використання в їжу так і для одержання емульсійних продуктів функціонального призначення [12, 13, 14]. Так підприємства олійно-жирової галузі протягом останніх років освоїли виробництво широкого асортименту високоякісної емульсійної продукції, яка випускається в різних товарних формах як висококалорійна так і низькокалорійна, для дієтичного і профілактичного харчування, рафіновані і нерафіновані олії, купажовані та салатні олії з додаванням прянощів, а також олії для дитячого харчування.

Висновок. На основі нових фундаментальних досліджень складу, фізико-хімічних властивостей олійно-жирової сировини, технологічних процесів її переробки і системи управління якістю та безпекою продукції, можна удосконалювати технології та обладнання, а це дозволить збільшити обсяги виробництва високоякісних конкурентоспроможних продуктів олійно-жирової галузі, які зможуть задовольнити вимоги споживача.

Список літератури: 1. *Листопад В. Л.* Новые тенденции масложирового рынка Украины и перспективные изменения в стратегии компаний / *В. Л. Листопад* // Материалы VI Международной конференции [“Перспективы развития масложировой отрасли: технологии и рынок”], 29 – 30 мая 2013 г. Алушта. – Харьков: УкрНИИМЖ НААН, 2013. – 37 с. 2. *Богодіст-Тимофєєва О. Ю.* Удосконалення технології гідратації соняшникової олії з використанням фосфоліпаз: автореф. дис. на здобуття наук. степеня канд. техн. наук: спец. 05.18.06 / *О. Ю. Богодіст-Тимофєєва*; [НТУ ХП]. – Харків, 2005. – 21 с. 3. *Волошенко С. В.* Эффективная технология ферментной гидратации растительных масел / *С. В. Волошенко, Ф. Ф. Гладкий, В. В. Кищенко* – Lambert Academic Publishing, 2013. – 148 с. 4. *Петик И. П.* Исследование нейтрализации свободных жирных кислот в основе нейтрализующего раствора, содержащего этанол и глицерин / *И. П. Петик, Ф. Ф. Гладкий, З. П. Федякина, А. П. Белинская* // Тезисы докладов XII Международной конференции [“Масложировая индустрия – 2012”], 24 – 25 октября 2013 г. Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург: ВНИИЖ, 2013. – С. 112–114. 5. *Петік І. П.* Рідке мило на основі соапстоків після нейтралізації олій та жирів в нейтралізуючому розчині, що містить етанол / *І. П. Петік, П. Ф. Петік, З. П. Федякіна, А. П. Белінська, Ф. Ф. Гладкий* // Програма та матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції [“Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей”], 20 – 21 березня 2013 м. Київ. – Київ: НУХТ, 2013. – 127 с. 6. *Демидов И. Н.* Особенности окислительных превращений жиров различного жирнокислотного состава и возможность определения срока их хранения по химическому составу / *И. Н. Демидов, А. В. Григорова, Н. В. калишевская, А. А. Демидова* // Материалы V Международной конференции [“Химия и технология жиров. Перспективы развития масложировой отрасли”], 23 – 24 мая 2012 г. Алушта. – Харьков: УкрНИИМЖ НААН, 2012. – 45 с. 7. *Демидов И. Н.* Влияние растительных экстрактов на окисление подсолнечного масла / *И. Н. Демидов, О. В. Белоув* // Материалы VI Международной конференции [“Перспективы развития масложировой отрасли: технологии и рынок”], 29 – 30 мая 2013 г. Алушта. – Харьков: УкрНИИМЖ НААН, 2013. – 45 с. 8. *Шаповалова И. Е.* Возможность использования подсолнечного шрота как источника природного антиоксиданта – хлорогеновой кислоты / *И. Е. Шаповалова, З. П. Федякина* // Материалы VI Международной конференции [“Перспективы развития масложировой отрасли: технологии и рынок”], 29 – 30 мая 2013 г. Алушта. – Харьков: УкрНИИМЖ НААН, 2013. – 49 с. 9. *Матвєєва Т. В.* Наукові аспекти одержання рослинного білку / *Т. В. Матвєєва, П. Ф. Петік, З. П. Федякіна, І. Є. Шаповалова, В. О. Бахмач* // Матеріали 79 Міжнародної наукової конференції молодих вчених аспірантів і студентів [“Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті”], 15 – 16 квітня 2013 м. Київ. – Київ: НУХТ, 2013. – С. 466 – 467. 10. *Матвєєва Т. В.* Обоснование получения белкового комплекса из семян подсолнечника / *Т. В. Матвєєва, З. П. Федякіна* // Материалы VI Международной конференции [“Перспективы развития масложировой отрасли: технологии и рынок”], 29 – 30 мая 2013 г. Алушта. – Харьков: УкрНИИМЖ НААН, 2013. – 48 с. 11. *Литвиненко Е. А.* Получение белкового концентрата из семян

подсолнечника / *Е. А. Литвиненко, Л. И. Перевалов, З. П. Федякина, П. Ф. Петик* // Материалы VI Международной конференции [“Перспективы развития масложировой отрасли: технологии и рынок”], 29 – 30 мая 2013 г. Алушта. – Харьков: УкрНИИМЖ НААН, 2013. – 57 с. **12.** *Тимченко В. К.* Разработка состава купажированного масла функционального назначения / *В. К. Тимченко, Е. В. Степаненко, Д. В. Матюхов, А. П. Белинская* // Материалы VI Международной конференции [“Перспективы развития масложировой отрасли: технологии и рынок”], 29 – 30 мая 2013 г. Алушта. – Харьков: УкрНИИМЖ НААН, 2013. – 48 с. **13.** *Белінська А. П.* Розробка скваленовмісної сумішевої олії зі збалансованим складом поліненасичених жирних кислот [Текст] / *А. П. Белінська, Л. В. Кричковська, Н. І. Черевична* // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Харків, Технологічний центр. – 2010. – № 3/8 (45). – С. 68–70. **14.** *Белинская А. П.* Смесевые масла как продукт функционального назначения / *А. П. Белинская, Л. В. Кричковская* // Пищевые технологии и биотехнологии [Текст]: материалы X междунар. конф. молодых ученых, 12–15 мая 2009 г. Казань. – Казань: Институт пищевых производств и биотехнологии. – 2009. – С.379.

Надійшла до редколегії 03.06.2013

УДК 665.3

Нові наукові розробки у галузі харчових технологій/ Папченко В. Ю. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 38 (1011). – С.177-181. – Бібліогр.:14 назв.

На основе обобщения научно-технической литературы рассмотрены перспективные направления в развитии масложировой промышленности. Рассмотрены перспективные научные разработки в области пищевых технологий, касающиеся совершенствования технологии рафинации и переработки масел и жиров.

Ключевые слова: масложировая отрасль, масло, жир, белок, ферменты, купажи, рафинирование, нейтрализация, окисление.

According to the analysis of scientific literature considered promising directions in the development of oil industry. Promising scientific developments in the field of food technology related to improving the technology of refining and processing of oils and fats..

Keywords: fat and oil industry, oil, fat, protein, enzymes, blends, refining, neutralization, oxidation.

Д. И. ПИЛИПЕНКО, студент, ХНУРЭ, Харьков;

А. А. ВЕЛИКИЙ, студент, ХНУРЭ, Харьков;

И. О. ЯШКОВ, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков

БИОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕЙСТВИЯ ТОКА В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАРКОЗА

В работе рассматривается биофизический анализ действия тока в условиях электрического наркоза на организм людей и животных, а так же результаты исследований выдающихся ученых в этой сфере. Выявлены стадии электрического наркоза, особенности их возникновения и применения в медицине.

Ключевые слова: электрический наркоз, ток, электросон, мозг.

Введение. Несмотря на большие достижения в области электрического наркоза, здесь еще множество нерешенных вопросов – проблема не теряет актуальности. Ученые многих стран объединяют свои усилия. Проводятся международные симпозиумы. Сообщения о достижениях отдельных ученых и коллективов тотчас же становятся достоянием широкой научной общественности. Большой интерес к проблеме электрического наркоза проявляют космическая биология, медицина и другие сферы деятельности человека [1-10].

Несмотря на достаточно длительное применение электрического наркоза, магнитных полей с лечебной целью, нет единой точки зрения относительно их влияния на процессы регенерации и до настоящего времени этот вопрос остаётся открытым [1-10]. В связи с чем работы в этом направлении представляются весьма перспективными.

Лечение пациентов с травматическими поражениями периферической нервной системы является одной из наиболее сложных и до конца нерешённых проблем современной медицины.

Актуальность данной проблемы обусловлена все увеличивающимся количеством травм периферической нервной системы, длительными сроками восстановительного лечения и высоким процентом инвалидности у этого контингента пострадавших, а также имеющимися сложностями морфологической структуры нервной ткани и недостаточно полной изученностью патофизиологических закономерностей восстановительных процессов в центральной и периферической нервной системе.

Несмотря на способность периферических нервов к регенерации, функциональные результаты их восстановления нельзя назвать удовлетворительными, в связи с чем проблема улучшения результатов посттравматической реабилитации пациентов с повреждениями периферических нервных проводников сохраняет свою актуальность до настоящего времени. В этом плане определённые перспективы возлагают на использование с лечебной целью таких физических факторов, как магнитные и электрические поля, электрический наркоз, но эффективность этих методик до сих пор изучена недостаточно [1-10].

Биофизические механизмы воздействия электрического наркоза. Для оценки уровня понимания физиологической сущности электрического наркоза

© Д. И. ПИЛИПЕНКО, А. А. ВЕЛИКИЙ, И. О. ЯШКОВ, 2013

можно сослаться на авторов, которые видят эту сущность в нарушении электрическим током нормального потока и интеграции электрических импульсов, генерируемых нейронами.

Иванов-Муромский К.А. сводил феномен электрического наркоза к генезису торможения, возникающего благодаря чрезмерной частоте импульсов, которую нервная система не может обработать.

Каструбин Э.М. в спекулятивной форме рассматривал пять каузальных факторов, объясняющих электрический наркоз: длительное рефрактерное состояние нейронов; ожидается, что при достаточной частоте флюктуирующего тока нервные импульсы будут попадать в рефрактерную фазу и произойдет блок проведения; синаптическое утомление приводящее к истощению перцепции; возбуждение центральных тормозных центров (при этом следует отметить, что принятие этой точки зрения несовместимо с двумя предыдущими предположениями); прекращение центральной интеграции; предполагается, что электрический ток приводит к непрерывному недифференцированному возбуждению нервных элементов, включая и те, функция которых корреляция и интеграция всего комплекса нормальных ощущений, а хаос интеграции может быть следствием этого нарушения интерпретации на высших уровнях; эффект поляризации; считается, что мозг ведет себя как накопительная батарея и имеется пороговая разность потенциалов, которая определяет сознание.

Относительно вопроса о фазах электрического наркоза. В информационных источниках первая фаза (первичного угнетения) трактуется по-разному.

Календаров Г.С. и Лебединская Е.И. считают ее следствием образования отдельных очагов запредельного торможения в коре, возникшего вследствие перераздражения (парабиоз).

Глазов В.А. полагает, что она обязана своим происхождением повышенной возбудимости подкорково-стволовых отделов мозга и угнетению коры вследствие спазма сосудов. Ряд соображений и экспериментальные данные не позволяют полностью разделять эти взгляды.

Прежде всего, маловероятно, чтобы малая по величине начальная дозировка тока, действующая сравнительно короткий промежуток времени, вызывала перераздражение и конечную фазу парабиотического процесса – католическую депрессию. Антипара-биотики и анэлектротон усиливают в эту фазу заторможенность животного.

Вероятно, имеем место анэлектротонический синдром, а не католическая депрессия. На это указывают и данные автокорреляционного анализа.

Вопрос о второй фазе тесно связан с уяснением роли коры головного мозга в картине электрического наркоза.

В информационных источниках нет единой точки зрения на ее происхождение. Стадия возбуждения, или электрокататоническая, Календаров Г.С. рассматривает как возбуждение подкорки (стрио- паллидарной системы зрительного бугра) и образование в отдельных пунктах подкорки очагов запредельного торможения.

Глазов В.А., называя эту фазу растормаживанием, исходит из того, что она возникает вследствие распространения петель тока на большие участки мозга.

Ли Т. настаивает на ее преимущественно рефлекторном характере. Мы думаем, что стадия возбуждения зависит прежде всего от «бунта подкорки». Нужно думать, что начальная заторможенность (анэлектротоническая фаза) в коре сменяется

катэлектротонической – наблюдаются клонические судороги – и переходит в католическую депрессию сначала отдельных районов, в частности двигательного анализатора, а затем и всей коры с возбуждением при этом подкорки [4].

Изложенные факты заставляют нас склоняться к тому, что выключение центральной нервной системы начинается именно с коры головного мозга. Это утверждение вполне гармонирует с описанной последовательностью выключения уровней центральной нервной системы при фармакологическом наркозе, гипотермии, гипнозе человека и животных.

Надо полагать, что сходный план реагирования (развертывания системного торможения) на ряд физических факторов представляет собой выработавшуюся в ходе филогенеза оптимальную программу защиты ультраустойчивой системы (если воспользоваться терминологией Каструбина Э.М.) от вредоносных факторов.

Изменение некоторых параметров (температура среды, электрические факторы и т.д.) приводит к неустойчивому состоянию организма; существенные переменные, определяющие его гомеостазис, выходят из физиологических границ.

Организм приходит в критическое состояние, начинается поиск оптимальной формы поведения; наименее устойчивое (в смысле резистентности) и сложное образование – кора головного мозга – с помощью подкорковых аппаратов самозатормаживается. В результате процесс саморегуляции коры головного мозга должен был сформироваться в сравнительно стандартную реакцию, в осуществлении которой играет основную роль охранительный характер торможения, интерпретируемого как парабактериальный процесс.

Конечно, выяснение конкретных механизмов, участвующих в этом процессе, дело весьма сложное из-за недостатка и разноречивости фактического материала в нейрофизиологии.

Наше мнение гармонирует с высказываниями Ананьева М.Г., который стадию анальгезии связывает главным образом с торможением таламических центров, а потерю сознания – с угнетением коры и ретикулярной формации. Он считает, что при угнетении коры проводящая система передних рогов спинного мозга освобождается от коркового контроля, что приводит к хаотичным мышечным сокращениям.

На основании вышеизложенного, формулу механизма электрического наркоза теперь следует излагать в такой форме: электрический наркоз теплокровных животных и человека можно представить себе как системную реакцию организма, в которой ведущую роль играет саморегуляция коры головного мозга посредством неспецифических систем ствола, таламуса, гипоталамуса, а также гиппокампа с помощью прямых и обратных связей, замкнутых в функциональное кольцо. При этом принцип Дюссера де Баренна, по которому филогенетически древние нервные структуры обеспечивают в основном топические компоненты дискретных операций новых образований, выявляется в полной мере.

Выводы. В работе был проведен биофизический анализ действия тока в условиях электрического наркоза. Выявлены стадии их возникновения и влияния на организм человека и животных.

Приведенные факты показали, что предложенные методы могут быть использованы в медицине.

Отсутствует заметное влияния на регенеративные процессы переменного магнитного поля при его воздействии на поврежденный периферический нерв.

Стимуляция нервного ствола электрическим током прямоугольной формы приводит к ускорению регенеративных процессов в условиях электрического наркоза, но аппаратура для электрического наркоза должна быть прежде всего безопасной для организма человека и животных. Поэтому следует использовать двойную защиту от поражения электрическим током.

Рекомендуется при проектировании аппаратуры для электрического наркоза использовать электрические токи прямоугольной формы, типа «меандр» с регулируемой амплитудой импульсов и скважностью, а также двойное экранирование.

Для устранения влияния помех следует располагать аппаратуру для электрического наркоза в отдельной экранированной комнате.

Экспериментальные данные обосновывают применение прямой электрической стимуляции при повреждении периферических нервов в условиях электрического наркоза.

Список литературы: 1. *Гистоморфологическая оценка эффективности воздействия переменного магнитного поля и импульсного тока на регенерацию седалищного нерва крыс в эксперименте* [Текст] // *Фундаментальные исследования*. - 2012. - №12. - С.336-340. 2. *Baptista, A. F.* PEMF fails to enhance nerve regeneration after sciatic nerve crush lesion / A.F. Baptista, B.T. Goes, D. Menezes et al. // *J. Peripher. Nerv. Syst.* – 2009. – Vol. 14, № 4. – P. 285–293. 3. *Kelleher, M. O.* Use of a static magnetic field to promote recovery after peripheral nerve injury / M.O. Kelleher, R.K. Alabri, D.V. Lenihan et al. // *J. Neurosurg.* – 2006. – Vol. 105, № 4. – P. 610–615. 4. *Lee, T. H.* Functional Regeneration of a Severed Peripheral Nerve With a 7-mm Gap in Rats Through the Use of An Implantable Electrical Stimulator and a Conduit Electrode With Collagen Coating / T.H. Lee, H. Pan, I.S. Kim et al. // *Neuromodulation.* – 2010. – Vol. 13, № 4. – P. 299–305. 5. *Rajaram, A.* Strategic Design and Recent Fabrication Techniques for Bioengineered Tissue Scaffolds to Improve Peripheral Nerve Regeneration / A. Rajaram, X.B. Chen, D.J. Schreyer // *J. Trauma Acute Care Surg.* – 2012. – Vol. 72, № 1. – P. 199–205. 6. *Broderick, J.* Stroke therapy in the year 2025. Burden, breakthroughs and barriers to progress / J. Broderick, M. William // *Stroke.* 2004. -Vol. 35-P. 205-211. 7. *Вейн, А. М.* Депрессия в неврологической практике (Клиника, диагностика, лечение). [Текст] / А.М. Вейн, Т.Г. Вознесенская, В.Д. Голубев, Г.М. Дюкова – М.: МИА, 2007. – 208 с. 8. *Sturm, J. W.* Quality of life after stroke: The North East Melbourne Stroke Incidence Study (NEMESIS) // J.W. Sturm, G.A. Donnan, H.M. Dewey et al. // *Stroke.* – 2004. – Vol. 35, N 10. – P. 2340-2345. 9. *WHO.* The World Health Report 2001: Mental health: New understanding, new hope. Geneva: World Health Organisation, 2001. – 169 p. 10. *Donnelly, Sh.* Working as a healing practitioner and a general practitioner *BMJ* 2002, v.325, p.207.

Поступила в редколлегию 01.06.2013

УДК 577.35

Биофизический анализ действия тока в условиях электронаркоза/ Пилипенко Д. И., Великий А. А., Яшков И. О. // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.182-185. – Бібліогр.: 10 назв.

У роботі описується біофізичний аналіз дії струму в умовах електричного наркозу на організм людей і тварин, а також результати досліджень видатних учених у цій сфері. Виявлено стадії електричного наркозу, особливості їх виникнення та застосування в медицині.

Ключові слова: електричний наркоз, струм, мозок.

The paper describes the biophysical analysis of current action in electronarcosis on the human body and animals, as well as the results of research of outstanding scientists in the field. Identified under electronarcosis, especially their origin and use in medicine.

Keywords: the electronarcosis, the current, the brain.

О. И. САБЛИН, канд. техн. наук, доц., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РЕКУПЕРИРУЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Рассмотрены и определены показатели качества энергии рекуперации в системе электротранспорта постоянного тока. Установлено что в условиях реальной эксплуатации электротранспорта величины этих показателей существенно отличаются от оптимальных значений. В работе намечены пути улучшения качества рекуперированной электроэнергии.

Ключевые слова: электротранспорт; рекуперативное торможение; электроэнергия; показатели качества; энергоэффективность.

Введение. Одним из существенных преимуществ электрического транспорта перед другими видами транспорта является возможность применения на нем рекуперации, позволяющей сократить расход электроэнергии на тягу по разным оценкам от 10 до 30 % [1, 2], что в первую очередь зависит от вида электротранспорта (метро, трамваи, троллейбусы, электропоезда, электровозы) и рельефа местности. Кроме экономии электроэнергии, рекуперация позволяет плавно регулировать тормозную силу вплоть до остановки транспортного средства, сокращает износ элементов основного тормозного оборудования (пневматического), а также улучшает экологический фактор. Однако с точки зрения энергоэффективности рекуперация в энергосистеме электрической тяги зависит от влияния различных негативных факторов, которые не позволяют в полной мере использовать ее потенциал. К ним в первую очередь следует отнести:

–отсутствие поездов на линии в режиме тяги, что приводит к образованию избыточной энергии рекуперации и ее недоиспользованию;

– нестабильность энергии рекуперации, вызванная множеством случайных факторов, таких как необходимый режим торможения, режимы работы других поездов на линии, качество системы автоматического управления рекуперативным торможением и т.д.

Указанные факторы осложняют функционирование системы тягового электроснабжения и первичной энергосистемы. Первый недостаток пытаются устранять разработкой графиков движения поездов с учетом совпадения на одном участке рекуперированных и потребляющих поездов. На тяговых подстанциях оборудованных инверторами при отсутствии тяговых потребителей существует возможность возврата избыточной энергии рекуперации в первичную энергосистему, однако ввиду нестабильности и ненадлежащего качества этой энергии ее существенная часть теряется, а также вносит искажения в первичную сеть [3]. Второй недостаток устраняют совершенствованием систем автоматического управления режимом рекуперации электроподвижного состава, однако ввиду специфики режимов электродинамического торможения этот недостаток будет сохранен.

Цель работы. Целью данной работы является оценить качество электрической энергии рекуперативного торможения электротранспорта постоянного тока в

условиях реальной эксплуатации.

Теоретические предпосылки. Система электрической тяги для первичной энергосистемы представляет собой существенную резкопеременную импульсную нагрузку, что связано с регулированием мощности тяговых средств, а также с графиком их движения. На рис. представлены графики нагрузки некоторых единиц электротранспорта постоянного тока в одном из режимов их работы, где мгновенная мощность $p > 0$ соответствует тяговому режиму, $p < 0$ режиму рекуперации, а $p \approx 0$ соответственно остановке или режиму выбега.

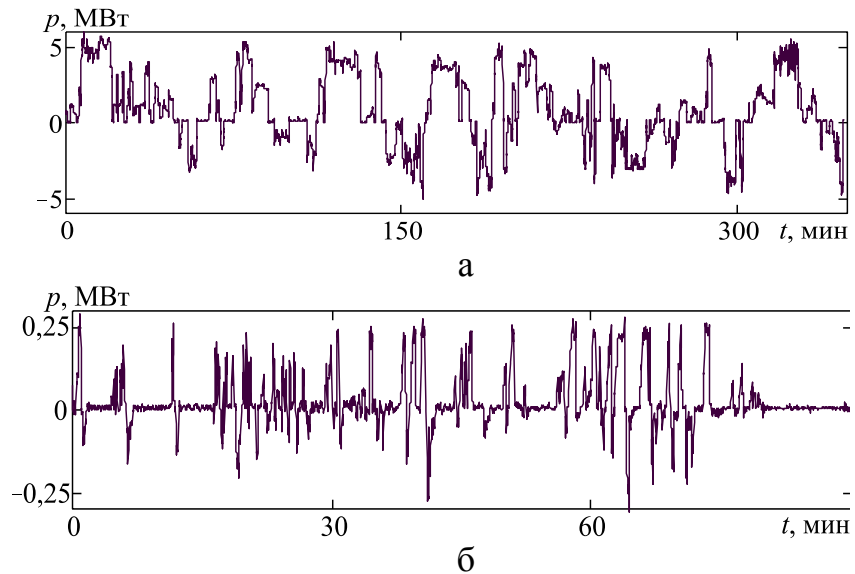


Рис. – Временные диаграммы мощности электровоза ВЛ8: а – и вагона трамвая ТЗД, б – в одном из режимов работы

Методика расчетов. По известным графикам мощности $p(t)$ транспортных средств (рис.) были определены расход электроэнергии на тягу и энергия от рекуперативного торможения за рассматриваемые интервалы времени T согласно выражению

$$W = \int_0^T p(t) dt. \quad (1)$$

Для электровоза ВЛ8 расход на тягу в рассматриваемом режиме составил 9032 кВт·ч при рекуперации 3270 кВт·ч, что составляет 36 % от затрат на тягу. У трамвая ТЗД потребление 54 кВт·ч, а рекуперация 16,5 кВт·ч, т.е. 30 % от затраты.

Как видно из рис. 1 генерируемая мощность рекуперации неравномерная и подвержена значительным колебаниям, т.е. в реальных условиях эксплуатации представляет собой преимущественно случайный процесс, зависящий от множества факторов. Оценка качества рекуперированной энергии наряду с классическими показателями требует использования специфических количественных оценок, учитывающих неравномерность генерируемой рекуперативной мощности.

В качестве одного из показателей оценки энергетической эффективности рекуперированной энергии можно рассматривать так называемый «пик-фактор» [4], представляющий собой отношение максимальной мощности рекуперации в пределах одного торможения к средней мощности рекуперации в пределах того же торможения

$$\Pi = \frac{P_{\max}}{P_{\text{cp}}} = \frac{P_{\max}}{\frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt}. \quad (2)$$

Этот показатель можно интерпретировать как критерий равномерности рекуперации, за количественную оценку которой также может быть принята величина относительного колебания потока энергии рекуперации – величина энергии, которая колеблется около уровня ее среднего значения

$$W_{\sim} = \int_0^T |p(t) - P_{cp}| dt. \quad (3)$$

Таким образом, минимум потерь энергии рекуперации согласно (2) и (3) достигается при $\Pi \rightarrow 1$ и соответственно $|p(t) - P_{cp}|_{\max} \rightarrow \min$, т.е. в случае максимальной стабилизации генерируемой мощности.

Потери электроэнергии при неравномерном потреблении (генерировании) количественно считаются пропорциональными квадрату коэффициента формы [4], который можно определить как отношение действующего значения мощности рекуперации к ее среднему значению

$$K_{\phi} = \frac{P_d}{P_{cp}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}}{\frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt}. \quad (4)$$

По аналогии с коэффициентом гармоник для сетей промышленной частоты, который определяют по выражению [4]

$$K_r = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{50} P^{(k)2}}}{P^{(1)}}, \quad (5)$$

с целью анализа уровня искаженности рекуперированной мощности можно ввести в рассмотрение коэффициент гармоник энергии рекуперации, где мощность основной гармоники $P^{(1)}$ согласно (5) заменим мощностью нулевой гармоники (постоянной составляющей), а высшие гармоники для системы электрической тяги постоянного тока начинаются с $k = 1$ (переменные составляющие). Тогда (5) принимает вид

$$K_r = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} P^{(k)2}}}{P_{cp}}, \quad (6)$$

и физически характеризует долю переменной составляющей энергии рекуперации в ее полной энергии. Очевидно, что минимум потерь энергии рекуперации будет при $K_r \rightarrow 0$.

Величины показателей K_{ϕ} и Π могут определяться непосредственно по известной зависимости $p(t)$ аналитически, приближенно либо после разложения $p(t)$ в ряд Фурье, а K_r только после разложения $p(t)$ в ряд Фурье. Необходимо отметить, что все перечисленные показатели линейно связаны одной целевой функцией – минимум потерь энергии рекуперации достигается при $p(t) \rightarrow \text{const}$, т.е. при максимальной стабилизации мощности рекуперации, поэтому улучшение любого из показателей приведет к улучшению остальных.

Обсуждение результатов. По приведенным выражениям (2), (4) и (6) были рассчитаны основные вероятностные характеристики рассмотренных оценок эффективности энергии рекуперации, которые сведены в табл.

Таблица – Основные вероятностные характеристики рассмотренных оценок эффективности энергии рекуперации

	Пик-фактор Π				Коэф. формы K_ϕ				Коэф. гарм. K_r			
	min	max	m_Π	σ_Π	min	max	m_{K_ϕ}	σ_{K_ϕ}	min	max	m_{K_r}	σ_{K_r}
Электровоз ВЛ8	1,40	7,52	2,57	1,65	1,05	3,72	1,38	0,72	0,30	3,58	0,82	0,86
Трамвай ТЗД	1,19	7,1	2,78	0,62	1,15	2,10	1,61	0,16	0,56	3,60	0,98	0,19

Как следует из расчета (табл.) показатели качества энергии рекуперации в условиях реальной эксплуатации существенно отличаются от своих оптимальных значений, причем показатели трамвая при рекуперации ниже показателей электровоза. Скорее всего, это объясняется тем, что режимы работы городского электротранспорта имеют более выраженный резко переменный импульсный характер, чем у магистрального транспорта, который является более инерционной и равномерной нагрузкой.

Выводы. Для сглаживания энергии рекуперации требуется поиск и разработка новых технологических решений, одним из которых может быть продолжение развития и совершенствования систем автоматического управления рекуперативным торможением электротранспорта на основе исследования реальных факторов влияющих на рекуперацию.

Список литературы: 1. Корниенко, В. В. Электрификация железных дорог. Мировые тенденции и перспективы. Аналитический обзор [Текст] / В. В.Корниенко, А. В.Котельников, В. Т.Доманский – К.: Транспорт Украины, 2004. – 196 с. 2. Гетьман, Г. К. Теория электрической тяги [Текст] / Г. К. Гетьман – Д.: Изд-во Маковецкий, 2011. Т. 1. – 456 с. 3. Кузнецов, В. Г. Оценка потерь электроэнергии в тяговой сети магистральных железных дорог [Текст] / В. Г. Кузнецов, Р. С. Мыцко, Д. А. Босый // Вісник ДНУЗТ. – 2007. – Вип. 18. – С. 34-37. 4. Жежеленко, І. В. Електромагнітна сумісність в системах електропостачання [Текст] / І. В. Жежеленко, А. К. Шидловський, Г. Г. Півняк, Ю. Л. Сасенко – Д.: Вид-во НГУ, 2009. – 305 с.

Поступила в редколлегию 02.06.2013

УДК 629.423.1

Анализ качества рекуперированной электроэнергии в системе электрического транспорта/ Саблин О. И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.186-189. – Бібліогр.: 4 назв.

Розглянуто та визначено показники якості енергії рекуперації в системі електротранспорту постійного струму. Встановлено, що в умовах реальної експлуатації електротранспорту величини цих показників істотно відрізняються від оптимальних значень. В роботі окреслені шляхи покращення якості електроенергії що рекуперується.

Ключові слова: електротранспорт; рекуперативне гальмування; електроенергія; показники якості; енергоефективність.

The paper discusses and determines the quality of energy recovery in the system of electric DC. It is established that in conditions of real operation of the electric values of these parameters are significantly different from the optimal values. In the work of the ways of improving quality of electric energy recovery.

Keywords: electric transport; regenerative braking; electricity; quality indicators; energy efficiency.

О. В. РЯБУШЕНКО, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харків

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

У статті визначені та систематизовані існуючі методи розрахунку ризиків, проаналізована можливість їх використання для оцінки рівня безпеки дорожнього руху.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, суспільні ризики, безпека руху, аварійність.

Вступ. Наведені в статті дослідження відносяться до галузі транспортних технологій та розглядаються питання, пов'язані з аналізом соціально-економічних збитків від дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Зазначена проблема є надзвичайно актуальною, оскільки на шляху Євроінтеграції перед Україною постає питання незадовільного рівня безпеки дорожнього руху, порівняно з провідними Європейськими державами.

Для забезпечення раціонального використання державних коштів при реалізації заходів з підвищення безпеки дорожнього руху, є необхідним використання ефективних методів оцінки соціальних наслідків від ДТП [1, 2]. Також об'єктивна оцінка соціальних втрат від ДТП і доведення цієї інформації до населення має потужний соціально-психологічний ефект: ця інформація попереджає людей про загрозу їх життя і здоров'ю, сприяє усвідомленню значення заходів і формуванню громадської підтримки для їх впровадження.

Напрями оцінки збитків від ДТП. В літературі відомо багато методів, що дозволяють проводити оцінку збитків від ДТП [3, 4, 5]. Зазвичай, збитки від ДТП можуть бути розділені на особистий збиток, що відноситься до осіб, що здійснюють транспортну діяльність, і зовнішні витрати, які випадають на частку інших членів суспільства. В загальному випадку зовнішні витрати виникають при будь-якій ситуації, коли в результаті діяльності, здійснюваної одним членом суспільства, не забезпечується належний облік негативного впливу цієї діяльності на добробут інших.

Виходячи з цього в цілому можна виділити наступні два підходи до виконання вартісної оцінки збитку, нанесеного людині в результаті середньостатистичного ДТП. Перший, що і дотепер використовується офіційними органами підхід, заснований на оцінці недоотриманого внеску у ВВП. Другий підхід базується на обстеженні думки різних груп населення і відображає готовність користувачів доріг платити за скорочення числа потерпілих і ризику ДТП.

Основним недоліком першого підходу є те, що в розрахунках складно відобразити тяжкість втрат сім'ї і колективу загиблого при аварії, хоча і не можна не враховувати, що відключення члена суспільства від активної трудової діяльності в результаті аварії викликає припинення його особистого внеску в народне господарство. Особливу складність також представляє оцінка соціальних втрат від залучення людей у дорожньо-транспортні пригоди. Психології людини не принадна

оцінка грошовим еквівалентом життя і здоров'я потерпілих при аваріях на дорогах. Та ц як взагалі можна оцінити шкоду від соціальної напруженості у суспільстві, яка пов'язана з високим рівнем аварійності на дорогах України.

У зв'язку з цим, більш перспективними у майбутньому стануть методи, засновані на аналізі ризиків від ДТП.

Кожне ДТП є перш за все випадковим явищем, що його можна оцінити ймовірністю появи, крім того, на даний час в економічних та фінансових сферах розроблено та широко використовується математичний апарат теорії ризиків.

Наука про ризик стає однією з провідних наук сторіччя, що наступило, оскільки пов'язані з ризиком проблеми виходять на перший план. В індустріально розвинених країнах постійно росте фінансування наукових досліджень в області аналізу і оцінки ризику. Так, наприклад, в хімічній промисловості США на такі дослідження асигнується 25-30 % всіх засобів, що виділяються на наукові розробки [6]. За кордоном сформувалася нова спеціальність – фахівець в області оцінки ризику. Отже, надалі можна очікувати поширення використання методів аналізу ризиків для оцінки можливих наслідків ДТП.

Проблема оцінки ризиків ДТП. Перш за все необхідно визначитися з основними поняттями.

Під ризиком ДТП будемо розуміти міру можливості реалізації небезпеки об'єктів дорожнього руху і її наслідків для людей і матеріальних цінностей.

Допустимий ризик ДТП - ризик, рівень якого допустимий і обґрунтований виходячи з соціально-економічних умов.

Індивідуальний ризик ДТП - ризик, який може привести до загибелі людини в результаті ДТП, завданню фізичної та психічної шкоди.

Об'єкт ризику – об'єкт негативної дії ДТП, тобто матеріальний або нематеріальний, живий або неживий об'єкт, по відношенню до якого ризик ДТП може реалізуватися.

Наприклад:

- Люди (їх життя, працездатність, здоров'я, настрої і т.п.)
- Капітал (автомобіль, груз, товар і т.п.)
- Нематеріальні цінності (імідж, рейтинг і ін.)
- Навколишнє середовище і природні явища
- Час (затримки руху, втрати транспортного гасу і ін.)

Суб'єкт ризику – сторона, що несе з собою збиток, тобто жива істота (перш за все людина), співтовариство живих істот, спосіб їх існування або діяльності, по відношенню до якого застосовані наслідки ризику, що виникають при його реалізації.

Всі види збитків від ДТП тісно пов'язані один з одним, крім того, соціальний, екологічний і моральний збитки також можуть бути виражені у вигляді фінансових втрат [8]. При цьому, чим більше очікуваний збиток, тим більше повинне бути значення ризику. Крім того, ризик тим більше, чим більше ймовірність прояву небезпеки. Отже, ризик R можна представити у вигляді твору ймовірності P на значення очікуваного збитку Z :

$$R = P \cdot Z, \quad (1)$$

Таке визначення ризику, що об'єднує поняття ймовірності небезпеки і збиток, модна використовуватися при кількісній оцінці ризику.

Наприклад, характеристика ризиків як основних показників небезпеки

дозволяють оцінити потенційну дію небезпеки на життєдіяльність людини. В загальному випадку ймовірність події для людини (P) розраховується як відношення кількості подій, що відбулися, з негативними наслідками (n) до максимально можливої їх кількості (N), на яку можуть розповсюдитися негативні наслідки, за конкретний часовий період по формулі:

$$P = \frac{n}{N}. \quad (2)$$

Таким чином можливо розрахувати величину загального і групового ризику. При оцінці загального ризику величина N позначає максимальну кількість всіх подій, а при оцінці групового ризику - максимальна кількість подій в конкретній групі, вибраній з їх загальної кількості по певній ознаці. Зокрема, до групи можуть входити люди по приналежності до однієї професії, полу, зросту; групу може скласти також пересувний склад одного типу; один клас суб'єктів господарської діяльності і т.д.

Характерним прикладом визначення загального ризику служить розрахунок чисельного значення загального ризику загибелі людини в ДТП. Згідно статистичним даним, щорічно в Україні в результаті ДТП гинуть приблизно 4700 чоловік, тобто $n=4700$ чол. Припустимо, що ризику потрапити в ДТП піддається практично все працездатне населення країни, тобто $N=42 \cdot 10^6$ чол. Тоді чисельне значення загального ризику загибелі людини становитиме:

$$P = \frac{4,7 \cdot 10^3}{42 \cdot 10^6} = 1,11 \cdot 10^{-4}.$$

Для ризику травмування людини $n=38900$ чол. отримаємо значення:

$$P = \frac{38,9 \cdot 10^3}{42 \cdot 10^6} = 9,26 \cdot 10^{-4}.$$

Таким чином є можливість приблизно оцінити ризики певних наслідків від ДТП для окремої людини.

Аналіз методів оцінки ризиків ДТП. Підходи, засновані на аналізі ризиків широко використовуються в економічних розрахунках, при проектуванні інвестиційної діяльності, в сфері страхування [6 - 10]. Якщо спробувати систематизувати велику кількість методів і моделей аналізу ризиків, що можуть використовуватися для оцінки втрат від ДТП, можна отримати схему, представлену в табл 1.

Детерміновані методи мають передбачати аналіз етапів розвитку ДТП, починаючи від вихідної події через послідовність передбачуваних умов до сталого кінцевого результату. Недоліками при використанні цих методів є: потенційна можливість упустити ланцюжки розвитку ДТП, що не реалізуються, але важливі; складність побудови достатньо адекватних математичних моделей; необхідність проведення складних і дорогих експериментальних досліджень.

Ймовірнісно-статистичні методи аналізу ризику припускають як оцінку ймовірності виникнення ДТП, так і розрахунок відносної ймовірності того або іншого шляху розвитку процесу. При цьому аналізуються розгалужені ланцюжки умов і факторів, вибирається відповідний математичний апарат і оцінюється повна ймовірність ДТП. Розрахункові математичні моделі при цьому можна істотно спростити в порівнянні з детермінованими методами. Основні обмеження методу пов'язані з недостатньою статистикою по різних факторах ДТП. Проте, цей метод, на нашу думку, в даний час може вважатися одним з найперспективніших.

Методи аналізу ризиків ДТП в умовах невизначеностей нестатистичної природи призначені для опису невизначеності джерела ризику, пов'язаного з відсутністю або неповнотою інформації про процеси виникнення і розвитку аварії. Усі перераховані вище методи аналізу ризиків ДТП класифікують по характеру початкової і результуючої інформації на якісні і кількісні.

Таблиця 1 - Методи аналізу та ризиків ДТП

Група методів	Якісні	Кількісні
Детерміновані		
	Перевірочного листа (Check-list)	Ранжирування (експертні оцінки)
	“Що буде якщо?” (What - If)	Методика визначення і ранжирування ризику (Hazard Identification and Ranking Analysis HIRA)
	Попередній аналіз небезпеки (Process Hazard and Analysis) (PHA)	Аналіз вигляду, наслідків і критичності події (АВНКП) (Failure Mode, Effects and Critical Analysis) (FMECA)
	“Аналіз вигляду і наслідків події” (АВНП) (Failure Mode and Effects Analysis) (FMEA)	Кількісне визначення впливу людського чинника (Human Reliability Quantification) (HRQ);
	Аналіз помилкових дій (Action Errors Analysis) (AEA)	Методика аналізу ефекту доміно (Methodology domino effects analysis)
	Концептуальний аналіз ризику (Concept Hazard Analysis) (CHA)	Методика визначення і оцінки потенційного ризику (Methods potential risk determination and evaluation).
	Концептуальний огляд безпеки (Concept Safety Review) (CSR)	
	Аналіз людських помилок (Human Hazard and Operability) (HumanHAZOP)	
	Аналіз впливу людського чинника (Human Reliability Analysis) (HRA)	
Ймовірносно-статистичні		
Статистичні	Карти потоків	Контрольні карти
Теоретико-ймовірнісні	Причини послідовності нещасних випадків (Accident Sequences Precursor) (ASP)	Аналіз дерева подій (АДС)(Event Tree Analysis) (ETA)
		Аналіз дерев відмов (АДО) (Fault Tree Analysis) (FTA)
		Оцінка ризику мінімальних шляхів від ініціюючого до основної події (Short Cut Risk Assessment) (SCRA)
		Дерево рішень
Ймовірнісно-евристичні	Експертного оцінювання;	Бальних оцінок

1	2	3
	Метод аналогій для визначення сценаріїв розвитку аварій	Суб'єктивні оцінки вірогідності небезпечних полягань
		Узгодження групових рішень на основі коефіцієнтів конкордації, побудова узагальнених ранжуваль
		Методи попарних порівнянь
У умовах невизначеності нестатичної природи		
Нечіткі	Метод аналізу безпеки і працездатності (AOP) (Hazard and Operability Study) (HAZOP)	
	Методи, засновані на розпізнаванні образів (нечітка логіка)	
Нейромережі		Методи прогнозування порушень, відмов (нейронні мережі прямого розповсюдження, рекуррентні), оперативного управління безпекою дорожнього руху
		Методи, засновані на розпізнаванні образів для ідентифікації передаварійних ситуацій (нейронні мережі адаптивного резонансу)
Комбіновані		
Детерміновані і ймовірнісні	Логико-графічні методи аналізу ризику ХОО	Повний аналіз ризику – методика оптимального аналізу ризику (Optimum Risk Analysis) (ORA)
Ймовірнісні і нечіткі	Аналіз максимальної можливості виникнення нещасного випадку (Maximum Credible Accident Analysis) (MCAA)	Метод організованого систематичного аналізу ризику (Method Organised Systematic Analysis Risk) (MOSAR)
Детерміновані і статистичні	Блок-схема надійності (Reliability Block Diagram) (RBD)	Кількісна оцінка ризику (Quantitative Risk As)
	Аналіз безпеки (Safety Analysis) (SA)	
	Аналіз надійності структури (Structural Reliability Analysis) (SRA)	
	Таблиці полягань і аварійних поєднань	

Проведення кількісного аналізу ризиків ДТП вимагає високої кваліфікації виконавців, великого об'єму інформації по аварійності, обліку особливостей дорожнього руху, дорожніх та метеоумов, часу перебування людей за кермом і інших чинників. Складні розрахунки часто дають значення ризику, точність якого невелика. Для небезпечних об'єктів транспортної інфраструктури точність розрахунків індивідуального ризику, навіть у разі наявності всієї необхідної інформації, зазвичай не вище за один порядок [5]. Тому проведення кількісної оцінки ризику більш корисне для порівняння різних варіантів (наприклад, розміщення технічних заходів ОДР), ніж для висновку про ступінь безпеки ділянки дороги.

Найбільший об'єм рекомендацій по забезпеченню безпеки дорожнього руху можна отримати із застосуванням якісних методів аналізу ризиків, що використовують менший об'єм інформації і витрат праці [5]. Проте кількісні методи оцінки ризику в деяких ситуаціях – єдино допустимі для порівняння небезпек різної природи і при експертизі складних об'єктів транспортної інфраструктури.

Ймовірісно-евристичні методи використовуються при недостатку статистичних даних і у разі рідкісних подій, коли можливості вживання точних математичних методів обмежені через відсутність достатньої статистичної інформації. Ймовірісно-евристичні методи ґрунтуються на використуванні суб'єктивної ймовірності, одержуваної за допомогою експертного оцінювання.

Різні методи повинні застосовуватися залежно від стадії аналізу ризику і цілей дослідження. На стадії ідентифікації небезпек від ДТП рекомендується використовувати один або декілька з якісних ("Що буде, якщо...", Перевірочний лист, їх комбінацію, АВПВ, АОР) або кількісних (АДО, АДС) методів. Методи можуть застосовуватися незалежно або на додаток один до одного, причому, якісні методи можуть включати кількісні критерії ризику (в основному, за експертними оцінками з використанням, наприклад, матриці «ймовірність - тяжкість наслідків» ранжирування безпеки). Повний кількісний аналіз ризику може включати всі вказані методи або деякі з них.

Висновки. Управління ризиками ДТП на дорогах України є актуальною та складною проблемою. Основний напрям в цій роботі полягає в області підготовки суб'єкта ризику. Саме через людину (водія і пішохода) можна вирішити більшу частину поставлених задач. На першому етапі необхідно провести дослідження для ідентифікації ризиків. Це зручно зробити, представивши рух, управління, забезпечення і ін. процеси на дорогах України у вигляді багатовимірної області. Точки перетину елементів вимірювань формуватимуть області дослідження і зони ризиків.

Серед напрямків оцінки та прогнозування втрат від ДТП одними із найперспективніших є ті, що засновані на аналізі ризиків від ДТП, які відображає готовність користувачів доріг платити за зниження ймовірної небезпеки ДТП.

Оскільки зазвичай конкретне ДТП є випадковою подією, при аналізі ризиків використовується апарат теорії ймовірності та математичної статистики. При цьому слід відзначити, що аналіз невизначеностей в процесі оцінки ризику ДТП – це переклад невизначеності початкових параметрів і припущень, використаних при оцінці ризику, в невизначеності результатів.

Упровадження системного підходу до управління ризиками на дорогах України забезпечить зниження ризиків і збільшення можливостей в досягненні генеральних і стратегічних цілей, включаючи збільшення рівня безпеки дорожнього руху.

Список літератури: 1. Доля В. К. К определению вероятности ДТП участника движения на участках транспортной сети [Текст] / В. К. Доля, И. П. Енглез, А. Е. Пахно // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2010. – № 3. – С. 49 – 54. 2. Безпека дорожнього руху в Україні: навч. пос. [Текст] / Під ред. В. П. Петкова. – К.: КНТ, 2012. – 488 с. 3. Методика оцінки і розрахунку нормативів соціально-економічного збитку від дорожньо-транспортних подій [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/547052>. 4. И. Волков, М. Грачева. Вероятностные методы анализа рисков [Електронний ресурс]/ Режим доступу: <http://www.bre.ru/risk/878.html>. 5. Сотникова, А. А. Риск возникновения дорожно-транспортных

происшествий [Текст] / А. А. Сотникова, М. В. Сотников // Режим доступа: <http://www.cs-alternativa.ru/text/2177>. 6. Горбатова, И. И. Оценка рисков при производстве транспортно-логистических услуг. // [«Логистика: Современные тенденции развития» Материалы V Международной научно-практической конференции]: – Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет, 2006 – с. 114 – 117. 7. Ілляшенко, С. М. Економічний ризик: Навчальний посібник [Текст] / 2-ге вид., доп. перероб. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 220 с. 8. Катан Л. І., Лях О. І. Оцінка чутливості інвестиційних проектів до факторів ризику / Сб. наук. тр. // Фінанси України. – 1997. – №2. – С. 83 – 86. 9. Трубачев Е. В. Инвестиционная стратегия [Електронний ресурс] / Режим доступа: http://www.e-college.ru/xbooks/xbook189/book/index/index.html?part-012*page.htm. 10. Кошечкин С. А. Методы количественного анализа риска инвестиционных проектов [Електронний ресурс] / Режим доступа: <http://www.aup.ru/articles/investment/3.htm>.

Надійшла до редколегії 03.06.2013

УДК 656.13:625.7

Аналіз методів оцінки ризиків дорожньо-транспортних пригод/ Рябушенко О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.190-196. – Бібліогр.: 10 назв.

В статье определены и систематизированные существующие методы расчета рисков, проанализированная возможность их использования для оценки уровня безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, социальные риски, безопасность движения, аварийность.

In the article are certain and systematized the existent methods of calculation of risks, analyzed possibility of their use for estimation of road safety.

Keywords: road traffic accidents, public risks, road safety, accident rate.

ЗМІСТ

Мамедов Б. Ш. Единая теория движителей на непрерывных потоках. Краткая теория однорядных гребных винтов	3
Попов С. М. Модель росту центрів кристалізації при ультразвуковому подрібненні зміцнюючої фази твердих наплавлених сплавів	15
Попов С. В., Северин Т. О. Дослідження гідродинамічних явищ плоского шліфування периферією круга	21
Прасолов Є. Я., Педора Є. В., Бочарова Я. А. Вдосконалення агрегату для розкидання мінеральних добрив	26
Фомін О. В. Впровадження круглих труб в якості складових елементів рам вантажних вагонів	33
Сапожников Н. Е., Моисеев Д. В., Бейнер П. С., Бейнер Н. В. Оценка точности и быстродействия при вероятностной форме представления информации	39
Ярошук Л. Д., Жученко О. А. Налаштування нечіткої системи керування режимом пуску процесу екструзії полімерів	44
Муниб М. Б. Нейросетевое управление в задачах преследования	50
Кунгурцев А. Б., Калинина С. А., Новикова Н. А. Модель процесса определения требований к программному продукту	55
Сакало Є. С. Аналіз процесів роботи динамічних об'єктів	61
Шатоха О. В. Инструмент KPI и методология AGILE: Современные подходы в управлении проектами	65
Ледовской В. В., Думин П. М. Программное обеспечение для построения цифровой модели рельефа поверхности по интерференционной картине	70
Скляр Н. В. Задачи совершенствования автотехнических экспертиз дорожно-транспортных происшествий	78
Зубрецкая Н. А. Нейросетевое прогнозирование уровня качества промышленной продукции	81
Машошин Д. А. Адаптивная обработка нестационарных временных рядов на основе нечеткого подхода	86
Левыкин В. М., Гниденко О. С. Разработка категорной модели реализации жизненного цикла процесса выбора мероприятий	92

Корчинський В. В. Метод моделирования шумовых сигналов для систем передачи конфиденциальной информации	99
Сазонова М. С. Розв'язання деяких нескінченновимірних нелінійних задач розбиття множини споживачів на сфери обслуговування підприємствами	104
Прихно Ю. Е. Методика реализации мультипроекта развития судоходной компании	109
Шароватова О. П. Професійна орієнтація, у тому числі осіб з особливими потребами, як провідний фактор формування сучасних прогресивних фахівців	114
Бельчева А. В. Метод генерации тестового информационного обеспечения ГИС	120
Висоцкая Е. В., Коростий В. И., Зинченко Е. Н., Порван А. П., Страшненко А. Н. Прогнозирование заболеваемости расстройствами психики непсихотического характера среди сельского населения Украины	124
Пархоменко О. М., Серіков Я. О. Застосування геоінформаційних технологій для оцінки ергономічних умов в системі „працівник-вітроенергетична установка-середовище”	130
Кузнецов В. Г. Модель экономического ущерба от ненадёжности силового оборудования, участвующего в регулировании режимов системы тягового электроснабжения	135
Захарченко Н. В., Гаджиев М. М., Мартынова Е. Н., Лысенко С. И. Эффективность применения корректирующих блоковых таймерных кодов в адаптивных системах с решающей обратной связью	140
Землянський О. Н., Снитюк В. Е. Прогнозирование концентрации «тяжелого газа» после залпового выброса	146
Матюхов Д. В. Пошук та використання математичної моделі розчинності соняшникової олії в етиловому спирті	152
Мельник А. П., Малік С. Г. Дослідження одержання кисень- і азотовмісних похідних жирних кислот амідуванням лляної олії	156
Радовенчик В. М., Романенко М. І., Черняк В. Ю. Використання часток магнетиту в процесах очищення стічних вод від нафтопродуктів	159
Шмельков В. В., Райко В. Ф., Цейтлин М. А. Кинетика осаждения кристаллов хлорида натрия в жидкостях содового производства	164

Рябоконт Н. В., Осьмак Т. Г., Кочубей-Литвиненко О. В. Оптимизация процесса охлаждения сгущенных молочных консервов с плодово-ягодными сиропами	171
Папченко В. Ю. Нові наукові розробки у галузі харчових технологій	177
Пилипенко Д. И., Великий А. А., Яшков И. О. Биофизический анализ действия тока в условиях электронаркоза	182
Саблин О. И. Анализ качества рекуперированной электроэнергии в системе электрического транспорта	186
Рябушенко О. В. Аналіз методів оцінки ризиків дорожньо-транспортних пригод	190

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХПІ"**

Збірник наукових праць

Серія:

Нові рішення в сучасних технологіях

№38(1011)

Науковий редактор чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф. Є. І. Сокол

Технічний редактор Т.Л. Коворотний

Відповідальний за випуск: к. т. н. І. Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Рада молодих учених і спеціалістів РМУС, тел. (057)707-60-40, e-mail:
kovotima@gmail.com

Обл.-вид. № 31-13

Підп. до друку «27» червня 2013р. Формат 60x84/16. Надруковано на різнографі
Gestetner 6123CP. Ум.-друк. арк. 9,4. Облік.вид.арк. 10,0.
Наклад 300 прим. Зам. № 50. Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта
видавничої справи ДК №3657 від 24.12.2009
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня "Технологічний Центр"
Свідоцтво про державну реєстрацію №1 480 120 0000 021055 від 02.04.2002
Адреса: 61145, м. Харків, вул. Шатилова дача,4
