

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

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"

Серія: "Нові рішення в сучасних технологіях"

№ 56(1029)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. - №56(1029) –220 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. СПІФАНОВ, канд. техн. наук проф.; Ю. І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.; П. О. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.; В. Б. КЛЕПІКОВ, 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. ПУЛЯЄВ, 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. Клименко, 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 №:8 від «08» жовтня 2013 р.

А. В. ЯВТУШЕНКО, канд. техн. наук, доц., ЗНТУ, Запорожье

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КЛИНОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕССОВ ПУТЕМ НАГРУЖЕННОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ

Рассмотрены вопросы повышения надежности клиноременных передач механических прессов путем нагруженного резервирования. Поучены зависимости для расчета средней долговечности отдельных ремней и всей системы при заданной кратности резервирования. Применение нагруженного резервирования повышает долговечность клиноременных передач механических прессов более чем в три раза.

Ключевые слова: пресс, передача, ремни клиновые, надежность, долговечность, отказ, экспоненциальный закон, закон Вейбулла, резервирование нагруженное.

Введение. Практика эксплуатации механических прессов показывает недостаточную долговечность клиноременных передач. Преждевременный отказ одного или нескольких ремней приводит к снижению запаса кинетической энергии привода, что в свою очередь снижает энергетические возможности пресса и создает опасность отказа пресса в целом из-за заклинивания главного исполнительного механизма. Повышение долговечности клиноременной передачи пресса является важной задачей, обеспечивающей увеличение надежности всего пресса.

Анализ исследований и цель работы.

Одним из методов повышения надежности систем является резервирование. Суть резервирования состоит в том, что в системе увеличивается количество элементов, которые включаются в работу и начинают выполнять функции основных при отказе любого одного из последних [1]. Элементы системы, обеспечивающие ее номинальную работоспособность, называются основными, а дополнительные элементы – резервными. Вся совокупность основных и резервных ремней называется резервной группой. В зависимости от состояния резервных элементов до их включения в эксплуатацию различают нагруженное, ненагруженное и облегченное резервирование. Применительно к клиноременным передачам возможно только нагруженное резервирование, когда резервные ремни выполняют те же функции, что и основные ремни и после отказа одного из них резервный ремень становится основным. По сути, в процессе работы передачи нет разницы между тем, какие ремни являются основными, а какие резервными. При анализе надежности систем с резервированием возникают задачи определения момента отказа всей системы, долговечности работы всей резервной группы и рациональной степени резервирования.

Показателями надежности передачи в целом и отдельных ремней в частности являются средний ресурс T_{cp} , количество отказов в единицу времени λ и вероятность безотказной работы при заданной наработке $P(t)$.

Функция $P(t)$ представляет собой безусловную вероятность того, что до момента времени t не наступит отказ элемента [1]. Обычно функцию $P(t)$ называют

функцией надежности. Производная функции надежности $P'(t)$ представляет собой безусловную вероятность наступления отказа в заданном промежутке времени и называется плотность вероятности отказов. Соотношение

$$\lambda = P'(t) / P(t)$$

представляет собой важный показатель надежности, называемый *опасностью отказа* и являющийся вероятностью того, что элемент, проработавший безотказно до момента t , откажет в последующую единицу времени.

Среднее время жизни элемента, т. е. среднее время безотказной работы:

$$T_p = \int_0^{\infty} tq(t)dt.$$

Вычисляя интеграл по частям, находится

$$T_p = \int_0^{\infty} P(t)dt.$$

Надежность клиноременной передачи, как системы не зависит от изменения надежности составляющих элементов и остается постоянной, т. е. полагается, что процесс старения системы отсутствует, а дефектные элементы выходят из строя в период приработки. В таком случае $\lambda(t) = \lambda = const$ и функция надежности описывается т. н. экспоненциальным законом

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

а плотность вероятности отказов

$$q(t) = \lambda e^{-\lambda t}.$$

Среднее время безотказной работы элемента при экспоненциальном законе

$$T_p = \frac{1}{\lambda}. \quad (1)$$

Экспоненциальный закон надежности обеспечивает простое решение многих задач в теории надежности, и находит применение в технических расчетах. Такой закон надежности хорошо описывает *внезапные* отказы.

Надежность как основных, так и резервных ремней не зависит от того, в какой момент они включаются в работу, т. е. не зависит от моментов отказа других ремней. Однако известно, что в процессе эксплуатации клиновых ремней происходит изменение их механических и эксплуатационных свойств, изменение структуры внутреннего строения, т. е. имеет место старение ремней. Отказы, возникающие в результате износа и старения элементов, не подчиняются экспоненциальному закону, т. к. их надежность со временем должна изменяться. Эти отказы, называемые *постепенными*, хорошо описываются законами, среди которых наибольшее распространение получил двухпараметрический закон распределения Вейбулла [1]

$$P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}.$$

Основным достоинством этого закона является дополнительный параметр α , отражающий интенсивность старения элемента, при условии, что опасность отказа λ является постоянной величиной.

Среднее время жизни элемента (ремня)

$$T_p = \frac{\Gamma(1+1/\lambda)}{\lambda^{1/\alpha}}. \quad (2)$$

Функция $\Gamma(z)$ представляет собой т. н. гамма-функцию

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{z-1} dt.$$

Таким образом, надежность элемента характеризуется двумя количественными показателями λ и α , значения которых могут быть определены только по результатам испытаний. Надежность системы, состоящей из нескольких элементов, определяется надежностью составляющих элементов и условиями отказа системы.

Целью настоящей статьи является анализ возможности повышения надежности клиноременных передач механических прессов путем нагруженного резервирования. Ставится задача определения надежности работы всего привода до момента отказа и определение количества резервных ремней, обеспечивающих требуемую долговечность.

Результаты исследований. Клиноременная передача пресса в целом рассматривается как система, состоящая из z_{Σ} элементов (ремней), т. е. представляет собой сумму z_N основных ремней и z_R резервных ремней $z_{\Sigma} = z_N + z_R$. Количество z_N основных ремней определяется по известной методике расчета [2, 3, 4] и обеспечивает номинальные показатели функционирования привода пресса, т. е. заданную угловую скорость ведомого шкива и передачу номинальной нагрузки. Надежность клиноременной передачи, как системы, определяется в первую очередь надежностью ремней и условием наступления отказа всей передачи.

Обычно считается, что отказ системы без резервирования происходит при отказе одного из элементов. Если средний ресурс работы i -го ремня T_i , тогда среднее время работы передачи T_n до первого отказа составляет [1]

$$T_n = \frac{1}{\sum_{i=1}^{z_N} \frac{1}{T_i}}.$$

В частном случае, когда все ремни имеют одинаковую надежность, т. е. $T_i = T_p = const$, ресурс работы передачи при экспоненциальном законе надежности будет

$$T_n = \frac{T_p}{z_p}, \quad (3)$$

где T_p – среднее время работы одного ремня до отказа по (2).

Ввиду отсутствия в технической литературе достоверных данных по значениям показателей надежности, в том числе и для клиновых ремней механических прессов, был проведен анализ долговечности клиноременных передач листоштамповочных и горячештамповочных прессов в условиях действующего производства на трех предприятиях. Установлено, что в первом приближении можно принимать для ременных передач листоштамповочных прессов $\lambda = 2,97 \pm 4,5 \cdot 10^{-5}$, для ременных передач горячештамповочных прессов $\lambda = 3,65 \pm 7,6 \cdot 10^{-5}$. Среднее значение параметра старения α составляет 1,015...1,05. При этом большие значения принимаются для прессов с меньшим номинальным усилием и большим передаточным отношением клиноременной передачи. Очевидно, что даже при достаточно большой долговечности работы отдельного ремня долговечность передачи в целом может быть невысокой, особенно при большом числе ремней, поэтому необходимы мероприятия по ее повышению.

Отказ системы с резервированием элементов наступает тогда, когда наступает z_N -й отказ и количество оставшихся элементов равно z_N . В общем случае можно

принять, что отказ одних из ремней не изменяет надежности других и надежность всех ремней одинакова, т. е. ремни равнонадежны и $\lambda(t) = \lambda = const$.

Процесс отказов системы с резервированием описывается теоретико-вероятностной схемой, которая представляет собой процесс постепенного выхода из строя отдельных элементов и изменение надежности системы в результате этих отказов. Такой поток отказов называют *схемой гибели* [1].

К моменту наступления первого отказа резервной группы функционируют все z_Σ ремней. Опасность того, что к моменту времени t произойдет первый отказ $\lambda_1 = z_\Sigma \lambda$. После первого отказа в работе остаются $z_\Sigma - 1$ ремней и опасность второго отказа $\lambda_2 = (z_\Sigma - 1)\lambda$. В общем случае опасность k -го отказа

$$\lambda_k = (z_\Sigma - k + 1)\lambda, \quad k = (1, 2, \dots, z_\Sigma), \quad \lambda_{z_\Sigma + 1} = 0.$$

Таким образом, схема гибели описывает процесс изменения надежности системы по мере отказов составляющих элементов.

Ненадежность системы, т. е. вероятность того, что к моменту времени t произойдет ее окончательный отказ, при надежности элементов близкой к единице и небольшом значении z_Σ определяется по приближенной формуле

$$Q(t) = C_{z_\Sigma}^{z_N - 1} (\lambda t)^{z_\Sigma - z_N + 1}. \quad (4)$$

При невысокой надежности элементов ненадежность системы определяется по формуле

$$Q(t) = \sum_{k=z_\Sigma - z_N + 1}^{z_\Sigma} C_{z_\Sigma}^k (1 - e^{-\lambda t})^k e^{-(z_\Sigma - k)t}.$$

Долговечность работы передачи до момента отказа z_R ремней есть сумма времен между отдельными отказами

$$T_n = \frac{1}{z_\Sigma \lambda} + \frac{1}{(z_\Sigma - 1)\lambda} + \dots + \frac{1}{z_N \lambda}. \quad (5)$$

Если z_N и z_R больше 5...6, то приближенно

$$T_n \approx \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{z_\Sigma + 0,5}{z_N - 0,5} \right). \quad (6)$$

Для сравнения укажем, что долговечность всей резервной группы до отказа всех элементов определяется по формуле

$$T_n = \frac{1}{\lambda} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{z_\Sigma} \right) \approx \frac{1}{\lambda} \left(\ln z_\Sigma + 0,57712 + \frac{1}{2z_\Sigma} \right). \quad (7)$$

Из (6) можно следует, что необходимая кратность резервирования, т. е. количество дополнительных резервных элементов для обеспечения заданного ресурса работы T_o всей передачи до полного отказа (отказа z_R ремней) равна

$$z_R = (z_\Sigma - 0,5) (e^{T_o \lambda} - 1) - 1. \quad (8)$$

Для примера на рисунке показана зависимость среднего времени безотказной работы T_n клиноременной передачи горизонтально-ковочной машины (ГКМ) В-111 от числа z_R резервных ремней. Передача ГКМ содержащей 8 ремней сечения C (z_N). Коэффициент старения α принят равным 1,015, опасность отказов $\lambda = 4 \cdot 10^{-4}$.

Средняя долговечность одного ремня по (2) составляет 1974 ч. При отсутствии

резервирования время работы системы T_n до первого отказа по (3) составляет 312 ч.

При кратности резервирования $z_R = 1$ время безотказной работы увеличивается до 591 ч, при $z_R = 2$ составляет 841 ч, а при $z_R = 3$ составляет 1069 ч, т. е. увеличивается более чем в 3,4 раза.

Из (6) и рисунка следует, что эффективность резервирования возрастает при небольших значениях числа основных ремней z_N . Для сравнения укажем, что при экспоненциальном законе надежности долговечность одного ремня по (1) составляет 2500 ч, а долговечность передачи без резервирования до отказа всех ремней по (7) составляет 6795 ч.

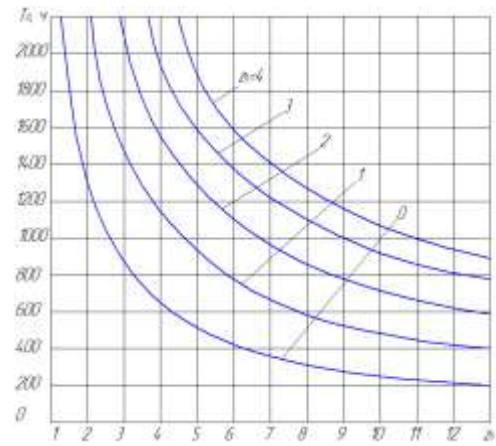


Рис. – Зависимость времени безотказной работы клиноременной передачи ГКМ В-111 от величины резервной группы

Выводы

1. Долговечность клиноременных передач механических прессов определяется совокупностью технических параметров, зависящих от качества ремней и условий их эксплуатации.

2. Эффективным направлением повышения надежности клиноременных передач является использование нагруженного резервирования. Увеличение номинального количества ремней при допустимом отказе нескольких из них увеличивает долговечность клиноременной передачи более чем в два–три раза.

Список литературы: 1. Гнеденко, Б. В. Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – М.: Наука, 1965. – 524 с. 2. Явтушенко, О. В. Проективання та розрахунок кривошипних пресів. Курсове проектування / О. В. Явтушенко, А. В. Глебенко, Т. О. Васильченко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012. – 436 с. 3. Пронин, Б. А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы) / Б. А. Пронин, Г. А. Ревков. – М.: Машиностроение, 1980. – 320 с. 4. Буланов, Э. А. Расчет ременных передач // Вестник машиностроения. – 2001, – № 12. – С. 14–21.

Поступила в редколлегию 10.09.2013

УДК 621.852.13: 621.73

Повышение надежности клиноременных передач механических прессов путем нагруженного резервирования/ Явтушенко А. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С. 3-7 . – Бібліогр.: 4 назв.

Розглянуті питання підвищення надійності клинопасових передач механічних пресів шляхом навантаженого резервування. Отримані залежності для розрахунку середньої довговічності окремих ремнів і всієї системи при заданій кратності резервування. Застосування навантаженого резервування підвищує довговічність клинопасових передач механічних пресів більш ніж в три рази.

Ключові слова: прес, передача, ремні клинові, надійність, довговічність, відмова, експоненціальний закон, закон Вейбулла, резервування навантажене.

The questions of increase of reliability of V-belt transmissions of mechanical presses are considered by the loaded backuping. Dependences are for the calculation of middle longevity of separate straps and all of system at set multipleness of backuping. Application of the loaded backuping is promoted by longevity of V-belt transmissions of mechanical presses more than in three times.

Keywords: press, transmission, straps are a wedge, reliability, longevity, refuse, exponential law, law of Veybullla, backuping loaded.

Г. И. СЕМЧУК, магистрант, ПГАА, Полтава;

Н. И. МАЗУР, магистрант, ПГАА, Полтава;

А. В. КАНИВЕЦ, канд. техн. наук, доц., ПГАА, Полтава;

А. И. БЕЛОВОД, канд. техн. наук, доц., ПГАА, Полтава;

А. А. ДУДНИКОВ, канд. техн. наук, зав. каф., проф., ПГАА, Полтава

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

В статье дается научное задание, направляющая на рассмотрение технологического процесса обработки почвы культиваторными лапами, направление на обоснование оптимальных параметров культиваторных лап, направленная на повышение их долговечности с использованием эффективных технологий при их упрочнении.

Дан анализ состояния вопроса и обосновано влияние параметров почвообрабатывающих рабочих органов на их износостойкость, направление на снижение тягового усилия.

Ключевые слова: Культиваторные лапы, технологический процесс, почва, долговечность, упрочнение.

Введение. Технологический процесс обработки почвы включает следующие основные элементы: трактор, сельскохозяйственная машина и почва.

За счет воздействия рабочего органа машины на почву происходит изменение её структуры и свойств. Для анализа технологического процесса обработки почвы необходимо исследовать структуру почвы, её механический состав и факторы структурообразования, а также воздействие почвы на рабочие органы почвообрабатывающих машин.

Постановка проблемы. Самой сложной и энергоёмкой задачей технологического процесса обработки почвы является её измельчение.

Существующие универсальные стрельчатые лапы имеют существенный недостаток – некачественное рыхление почвы в связи с быстрым изнашиванием их лезвия [1].

Степень производимого лапой рыхления зависит от следующих основных параметров: величины угла крошения и ширины крыла. Чем меньше угол и уже ширина крыла лапы, тем хуже рыхление почвы. Изношенные культиваторные лапы недостаточно крошат почву, поскольку не отвечают необходимым конструктивным требованиям [2].

В результате интенсивного изнашивания культиваторных лап их приходится восстанавливать. До 80...90 % стоимости ремонта почвообрабатывающих рабочих органов составляет расходы на запасные части. Снизить эти затраты возможно повышением долговечности рабочих органов.

Одним из направлений решения проблемы повышения качества технологического процесса крошения является повышение долговечности элементов, путем применения эффективных технологий упрочнения при их изготовлении или восстановлении [3].

Применение метода вибрационного упрочнения позволит восстановить (повысить) ресурс изношенных культиваторных лап, повысить их долговечность, а

технология вибрационного деформирования способствует изменению геометрии рабочей поверхности культиваторных лап и улучшению характеристик рабочего обрабатывающего органа.

Такой комплексный подход является перспективным ресурсосберегающим направлением повышения долговечности культиваторных лап с одновременным улучшением их агротехнических и прочностных характеристик [4].

Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме. Технологический процесс обработки почвы зависит от её состава, влажности, задренованности, конструкции и скорости движения орудий обработки. Чем выше скорость и бóльшая влажность почвы, тем раньше её можно обрабатывать при весенних полевых работах. Обработка почвы на повышенных скоростях снижает удельное сопротивление и, следовательно, тяговые усилия при ее проведении. [5].

Стрельчатая лапа имеет значительно больший угол крошения и по мнению авторов [6, 7] не только подрезает сорняки лезвием, но и крошит почву, т.е. повышает эффективность технологического процесса ее обработки.

На качество рыхления, как полагает [8], оказывает значительное влияние угол крошения, которое улучшается с его увеличением.

Технологический процесс обработки определяется основными параметрами лап, определяющими их геометрические размеры и характер воздействия на почву. В зависимости от величины и соотношения этих параметров в большей или меньшей мере проявляется полольная или рыхлительная функция лап. Для определения их численных значений и выявления характера их изменений при различных методах восстановления лезвий лап требуется проведение дополнительных исследований.

Результаты исследований. С точки зрения силовых характеристик культиваторную лапу можно отнести к симметричным рабочим органам, у которых элементарные составляющие сил, действующих на рабочую поверхность и лезвие, могут быть приведены к одной равнодействующей, расположенной в продольной вертикальной плоскости (рис. 1). Равнодействующая R_{xz} складывается из сил нормального давления R_z и сил трения R_x почвы о рабочую поверхность и лезвие. Направление равнодействующей определяется

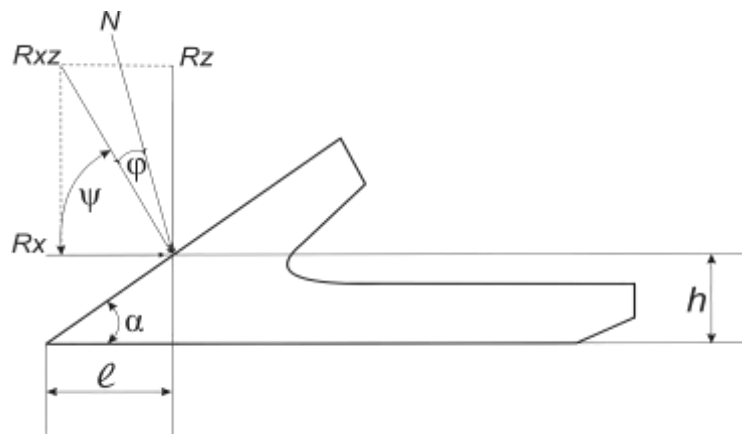


Рис. 1 - Силы, действующие на культиваторную лапу с учетом трения

углом ψ и зависит от угла крошения α и угла трения φ :

$$\psi = \frac{\pi}{2} - (\alpha - \varphi) \quad (1)$$

Поскольку угол α зависит от параметров лапы, а угол φ – от свойств и состояния почвы, то и угол ψ будет зависеть от них.

Универсальные лапы по сравнению с плоскорезными имеют большее значение угла α . Следовательно, угол ψ уменьшается, что вызывает снижение вертикальной составляющей R_z и падение способности лапы к заглублению. Заглубляемость лапы и устойчивость ее хода по глубине зависят от установки

стрельчатой лапы с наклоном лезвия в горизонтальной плоскости (рис. 2).

Если лезвие лапы установлено строго в горизонтальной плоскости ($\delta=0$), то дно борозды будет ровным, а подрезание сорняков удовлетворительным (рис. 2, а).

При установке лапы с наклоном на «носок» (рис. 2, б) улучшается заглубляемость, но дно борозды получается неровным.

Установка с наклоном на «пятку» (рис. 2, в) приводит к выглублению лап и к увеличению сопротивления обработки почвы.

По данным В.В. Василенко [9] при установке культиваторных лап с наклоном на носок до $2,5^{\circ} \dots 3^{\circ}$ угол ψ возрастает и заглубляемость улучшается. При дальнейшем увеличении угла наклона на «носок» угол α возрастает, а угол ψ уменьшается.

Одной из важных составляющих равнодействующей сил является сила трения почвы о поверхность рабочих органов почвообрабатывающих машин, являющейся причиной их износа.

Максимальное значение силы трения определяется по следующей формуле [10]:

$$F_T = f \cdot N = N \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

где N – нормальное давление, Н; f и φ – соответственно коэффициент трения и угол трения.

Установлено, что коэффициент трения в значительной мере зависит от механического состава почвы и ее влажности. Для ориентировочных расчетов (без учета указанных параметров) можно принимать коэффициент трения 0,5 и угол трения $\varphi = 26^{\circ} 30'$.

Поскольку трение влияет на износ рабочих органов почвообрабатывающих машин, вызывающих изменение их геометрических размеров формы, состояния поверхности, то для повышения качества технического процесса обработки почвы, необходимо стремиться к снижению износа за счет применения упрочняющих методов материала рабочих органов как при их изготовлении, так и восстановлении.

К таким технологиям следует отнести вибрационную обработку поверхностей деталей, которая способствует упрочнению обрабатываемого материала и повышению его износостойкости.

Выводы. Для повышения качества технологического процесса обработки почвы культиваторной лапой необходимо обеспечить оптимальные значения ее параметров в процессе эксплуатации за счет упрочнения режущего лезвия, что способствует повышению износостойкости их материала и снижению тягового усилия.

Список литературы: 1. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Д. Г. Войтюк, В. О. Дубровін, Т. Д. Іщенко та ін. - К.: Вища освіта, 2004. -544 с. 2. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин / П. М. Заїка – Харків: Око, 2001. – 444 с. 3. Марченко В. І. Сільськогосподарські машини / В. І. Марченко. – К.: Вища школа, 1999. – 344 с. 4. Кравчук В.І.

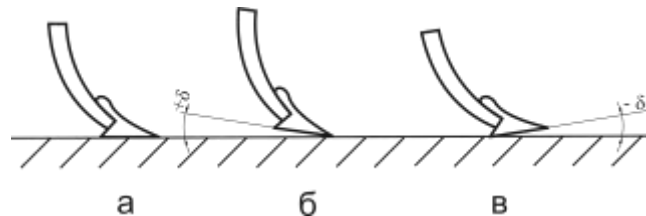


Рис. 2 - Установка лезвий культиваторных лап: а – лезвие в горизонтальной плоскости; б – наклон на «носик» лапы; в – наклон на «пятку» лапы

Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / В. І. Кравчук, М. І. Грицишина, С. М. Коваль. – К.: Аграрна наука, 2004, - 396 с. **5.** Вороб'єв С. А. Земледелие / С. А. Вороб'єв, А. Н. Кашианов, А. Б. Ликов. – М.: Агропромздат, 1991. – 527 с. **6.** Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочего процесса, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – М.: Колос, 1980. – 671 с. **7.** Кравчук В. Н. Использование стрелчатых лап, разработанных по условиям минимального угла резания и деформации / В. Н. Кравчук, В. Т. Голобородько, Л. Г. Николаев // Вестник Харьковского Технического университета сельского хозяйства «Механизация сельскохозяйственного производства», ХГТУСХ, 2000. – 384 с. **8.** Погорелый Л. В. Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин / Л. В. Погорелов. – К.: Техника, 1992, 176 с. **9.** Василенко В. В. Расчет рабочих органов почвообрабатывающих машин / В. В. Василенко. - Воронеж: ВГУ, 1991. – 228 с. **10.** Авдеев М.В. Технология ремонта машин и оборудования / М. В. Авдеев. – М.: Агропромздат, 1986. – 247 с.

Поступила в редколлегию 03.09.2013

УДК 621.9

Технологический процесс обработки почвы рабочими органами сельскохозяйственных машин / Семчук Г. И., Мазур Н. И., Канивец А. В., Беловод А. И., Дудников А. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.8-11. – Бібліогр.: 10 назв.

У статті дається наукове завдання, напрямна на розгляд технологічного процесу обробки ґрунту культиваторними лапами, напрям на обґрунтування оптимальних параметрів культиваторних лап, спрямована на підвищення їх довговічності з використанням ефективних технологій при їх зміцненні.

Даний аналіз стану питання і обґрунтовано вплив параметрів ґрунтообробних робочих органів на їх зносостійкість, направлення на зниження тягового зусилля.

Ключові слова: Культиваторні лапи, технологічний процес, ґрунт, довговічність, зміцнення.

The article gives a scientific task, the guide to the process of tillage cultivator feet, the direction of the justification of the optimal parameters tines, aimed at improving their durability using efficient technologies in their hardening. The analysis of the status of the problem and proved the influence of parameters of tillage work on their endurance, aimed at reducing traction.

Keywords: Cultivator paws, technological process, soil, durability, hardening.

УДК 665.9

М. С. СВИНАРЕНКО, канд. техн. наук, доц., ХНУАБ, Харків

ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ МОДУЛІВ РУХУ ЗА ЇХ УЗАГАЛЬНЕНИМИ МАТЕМАТИЧНИМИ МОДЕЛЯМИ

Запропоновано узагальнену математичну модель робочого процесу гідравлічних модулів руху (ГМР) використання якої дозволить пришвидшити розробку математичних моделей таких модулів. Встановлений взаємозв'язок між параметрами переміщення вихідної ланки виконавчого механізму модуля руху, переміщенням запірно-регулюючого елемента (ЗРЕ) гідроапарата керування і силою керування ЗРЕ.

Ключові слова: гідравлічний модуль, математична модель, методика проектування, гідроциліндр, характеристики.

Вступ і постановка проблеми. Гідравлічні системи завдяки своїм відомим перевагам знайшли широке застосування в сучасних системах технологічного обладнання та мобільних машин. Так за даними Європейського комітету з гідравліки та пневматики прогнозований річний приріст світового виробництва гідрообладнання до 2020 року становитиме 6,5 % [1]. Стратегічним напрямком у

© М. С. СВИНАРЕНКО, 2013

розвитку об'ємного гідроприводу є зниження його габаритів і металоємності при одночасному зростанні питомої потужності. При цьому сучасною тенденцією проектування і виробництва промислового обладнання та машин є використання блочно модульного принципу.

Для сучасних об'ємних гідроагрегатів такими модулями є модулі руху. Блочно-модульний підхід до проектування об'ємних гідроагрегатів дозволяє проводити їх декомпозицію, зменшити кількість ступенів вільності, отримати ієрархічну структуру, провести структурний синтез та спростити схемну реалізацію за рахунок мінімізації внутрішніх зворотних зв'язків, які можна отримати з інформаційної моделі, використовувати типові модулі при їх побудові. У загальному випадку, модулі руху об'ємних гідроагрегатів містять виконавчий механізм, апаратуру керування, датчики зворотного зв'язку. Використання узагальнених математичних моделей при проектуванні таких модулів руху дозволяє проводити їх синтез базуючись на єдиних методологічних підходах, отримати пристрої з бажаними характеристиками. Враховуючи вище викладене розроблення методики проектування ГМР за їх узагальненими моделями є актуальним науково-технічним завданням, що і є метою даної статті.

Аналіз літературних джерел. Розрахунку та проектуванню гідравлічних елементів і систем, розробці математичних моделей їх робочих процесів присвячені роботи: Башти Т.М., Гамініна Н.С., Абрамова Е.И., Андренка П.М., Зайончковського Г.Й., Лур'є З.Я., Raymonda E.T. [2 – 7] й інших. В наведених в них математичних моделях гідравлічних систем та апаратів розглядаються конкретні конструктивні рішення гідравлічних систем та апаратів. В даних роботах не розглядається узагальнена математична модель робочого процесу ГМР. Аналіз науково-технічної літератури виявив, що відсутні єдині підходи, щодо до розроблення математичних моделей гідравлічних модулів руху. Ряд припущень, які приймаються при їх розробці, не цілком обґрунтовані. В зв'язку з вищевикладеним нами була поставлена задача, виходячи з єдиних методологічних принципів розробити узагальнену математичну модель ГМР та методику розрахунку та проектування яка дозволяє встановити взаємозв'язок між параметрами переміщення вихідної ланки виконавчого механізму модуля руху, переміщенням ЗРЕ гідроапарата керування і силою керування ЗРЕ.

Узагальнена математична робочого процесу ГМР. Зазвичай при розробленні таких моделей приймають наступні припущення: корпуса виконавчих механізмів, гідроапаратів та магістралей – абсолютно жорсткі, а їх пружні властивості враховуються модулем об'ємної пружності робочої рідини (РР); пружини працюють в межах де їх характеристики лінійні та не відбувається відрив їх кінців від поверхонь контакту; початковими ділянками трубопроводів та каналів нехтують; у гідравлічному модулі відсутні: витоки, кавітація, гідравлічний удар і виконується умова нерозривності РР; швидкість звуку в РР є сталою та значно більшою за швидкість руху РР; РР – ньютонівська, а її течія ізотермічна. Проводять декомпозицію ГМР та у залежності від конструктивних рішень окремих його елементів розробляють їх математичні моделі. Для пришвидшення розробки яких нами пропонується використовувати узагальнену математичну модель.

Узагальнена математична модель гідравлічного елемента містить рівняння: руху рухомих елементів

$$m_{pe} \ddot{x}_{pe} = F_{кер}(t) - F_{\Delta p}(t) - F_{пр\Sigma}(t) - F_{гд}(t) - F_{тр}(t); \quad (1)$$

нерозривності

$$q_{гс}(t) = q_1(t) + q_{ст}(t) + q_{пер}(t); \quad (2)$$

витрати через місцеві опори та канали

$$q(t) = f(Re, A, \Delta p, \rho, t); \quad (3)$$

обмеження переміщення рухомих елементів

$$0 < x_{ре}(t) \leq x_{ре\max}; \quad (4)$$

зміни стану РР

$$T_a = const, \quad \rho(t) = f(p, T_a, t). \quad (5)$$

У рівняннях (1) – (5) $m_{ре}$ – маса рухомих елементів; t – час; $x_{ре}(t)$ і $x_{ре\max}$ – відповідно переміщення рухомих елементів і його максимальне значення; $F_{кер}(t)$, $F_{\Delta p}(t)$, $F_{пр\Sigma}(t)$, $F_{гд}(t)$ і $F_{тр}(t)$ – відповідно сили керування, перепаду тиску на рухомому елементі, сумарна пружин, гідродинамічна і тертя; P і Δp – відповідно тиск і перепад тиску; $q_{гс}(t)$, $q_1(t)$, $q_{ст}(t)$ і $q_{пер}(t)$ – відповідно витрата в гідросистемі (на вході в гідравлічний модуль руху), виконавчому механізмі, стиску РР і перітікань; Re – число Рейнольца; A – площа щілини, отвору або каналу; $\rho(t)$ – густина РР; T_a – абсолютна температура.

Зазвичай температуру T_a приймали рівною її середньому значенню, а густину РР $\rho(t)$ визначають залежно від її газовмісту та зміни тиску в гальмівній системі літака за залежністю з статті [8].

Зазначимо, що розрахунок сил, які входять до рівняння (1), проводять у відповідності до конструктивної схеми елемента за відомими з літературних джерел аналітичними залежностями, наприклад роботи [9].

При використанні в якості виконавчого механізму одноштокового гідроциліндра (ГЦ), його математична модель складається з рівнянь руху штока ГЦ разом з приведеними до нього масами рухомих частин

$$m\ddot{y} = A_1 p_1(t) - A_2 p_2(t) - F_{тер}(t) - F_{нав}(t); \quad (6)$$

витрати РР в лівій (безштоковій) і правій (штоковій) порожнині ГЦ

$$\left. \begin{aligned} q_1(t) &= A_1 \dot{y} + \frac{W_{ноп} + A_1 \dot{y} dp_1(t)}{E_{пр} dt}, \\ q_2(t) &= A_2 \dot{y} - \frac{W_{шт} - A_2 \dot{y} dp_2(t)}{E_{пр} dt} \end{aligned} \right\}; \quad (7)$$

- обмеження переміщень поршня ГЦ

$$y < y(t) \leq y_{\max}. \quad (8)$$

У рівняннях (6) – (8): m – маса штока ГЦ разом з приведеними до нього масами рухомих частин; y – переміщення штока ГЦ; A_1 і A_2 – відповідно площі безштокової і штокової порожнин ГЦ; $p_1(t)$ і $p_2(t)$ – відповідно тиск у без штокової і штоковій порожнинах ГЦ; $F_{тер}(t)$ і $F_{нав}(t)$ – відповідно сили тертя, яку розраховуємо згідно залежності з статті [10], і сила зовнішнього навантаження; $W_{ноп}$ і $W_{шт}$ – відповідно об'єми безштокової і штокової порожнин ГЦ; $E_{пр}$ – приведений модуль об'ємної

пружності РР, у якому модуль об'ємної пружності РР з врахуванням вмісту повітряної фази, тиску та температури визначали за формулою з статті [8];

В разі використання в якості виконавчого механізму гідромотора використовують його математичну модель наведену в [7].

Математичну модель ГМР отримують з'єднуючи математичні моделі окремих її елементів математичними моделями трубопроводів та каналів. Для цього можна використовувати їх математичні моделі у зосереджених параметрах, за Т- чи Г-подібними схемами [11].

Слід зазначити, що конструктивні та робочі параметри ГМР, такі як діаметр умовного проходу каналів та трубопроводів, геометричні розміри ГЦ і маса його рухомих частин, номінальне значення тиску живлення й інші, вибирають з ряду відповідного ДСТУ.

Методика розрахунку та проектування ГМР. Вважаємо, що у початковий момент часу запірно-регулюючий елемент гідроапарату керування знаходиться у нейтральному положенні і швидкість поршня, тиск в порожнинах ГЦ та витрата РР дорівнюють нулю. Приймаємо приведену масу до штока ГЦ постійною. Обмежуємо максимальне значення тиску у штоковій порожнині ГЦ $p_{2\max} \leq p_2^*$, де p_2^* визначають з умови міцності ГЦ.

1. Задаємо початкові умови: $y(0) = y_0$; $\dot{y}(0) = 0$; $\ddot{y}(0) = 0$; $q_1(0) = 0$; $q_2(0) = 0$. Приймаємо, що також дорівнюють нулю переміщення, швидкість та прискорення запірно-регулюючий елемент гідроапарату керування.

2. У відповідності до заданого алгоритму функціонування ГМР задавали закон руху штока ГЦ $y(t) = y_0 + f_y(t)$.

3. Диференціюючи $y(t)$ отримали $\dot{y}(t)$. Підставляючи отримані значення $\dot{y}(t)$ у рівняння (7) отримали закон зміни витрати в порожнинах ГЦ.

4. Підставляючи отриманий закон зміни витрати в порожнинах ГЦ у рівняння (3) та задаючись законом зміни площі дроселюючої щілини гідроапарата $A_{щ}(t) = f_A(x_{pe})$ отримують закон зміни положення ЗРЕ в часі – $x_{pe}(t)$.

5. Диференціюючи значення $x_{pe}(t)$ отримали \dot{x}_{pe} і \ddot{x}_{pe} . Підставляючи отримані значення \dot{x}_{pe} і \ddot{x}_{pe} у рівняння (1) та розв'язуючи його відносно $F_{кер}(t)$ отримуємо зміну в часі силу керування ЗРЕ гідроапарата керування.

Таким чином знайдено взаємозв'язок між параметрами переміщення вихідної ланки виконавчого механізму ГМР, переміщенням ЗРЕ гідроапарата керування і силою керування ЗРЕ. Слід зазначити, що розроблена методика проектування ГМР має універсальний характер.

Висновки. Запропоновано узагальнену математичну модель робочого процесу гідравлічних модулів руху використання якої дозволить пришвидшити розробку математичних моделей таких модулів. Розроблена методика проектування гідравлічних модулів руху за їх узагальненими математичними моделями яка дозволяє прискорити створення і впровадження нових та модернізованих модулів з бажаними динамічними та статичними характеристиками. Встановлений взаємозв'язок між параметрами переміщення вихідної ланки виконавчого механізму модуля руху, переміщенням ЗРЕ гідроапарата керування і силою керування ЗРЕ.

Список літератури: 1. *Свешников В. К.* Где настоящее встречается с будущим. Выставка «Интердрайв-2012» [Текст] / В. К. Свешников: электронный ресурс // режим доступа: <http://www.konstruktor.net/pogrobnee-elekt/items>. 2. *Башта Т. М.* Гидравлический привод летательных аппаратов / Т. М. Башта – М.: Машиностроение, 1967. – 495 с. 3. *Гамынин Н. С.* Гидравлический привод систем управления / Н. С. Гамынин – М.: Машиностроение, 1972. – 376 с. 4. *Абрамов Е. И.* Проектирование систем управления летательных аппаратов / Е. И. Абрамов, Г. Й. Зайончковский – К.: НАУ, 2005. – 188 с. 5. *Лурье З. Я.* Динамические характеристики линеаризованной модели следящего рулевого привода / З. Я. Лурье, И. А. Солдатенков, И. Г. Лищенко // Промислова гідравліка і пневматика. – 2008. – № 3 (21). – С. 51 – 55. 6. *Raymond E. T., Chenoweth C. C.* Aircraft Flight Control Actuation System Design: Published Society of Automotive Engineers Inc. – Warren dale, USA, 1993. – 242 p. 7. *Андренко П. М.* Проектирование гидроагрегатов обертання: монографія / П.М. Андренко, І. П. Гречка, М. С. Свиноаренко. НТУ «ХП». – Х.: Видавництво «НТМТ», 2013 – 148 с. 8. *Лурье З., Федоренко И.* Исследование рабочего процесса мехатронного гидроагрегата системы смазки металлургического оборудования с учетом характеристик двухфазной жидкости // MOTROL: Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin. – 2010. – Vol. 12 С. 10 – 25. 9. *Лурье З. Я.* Метод расчета гидродинамической силы на осциллирующем запорно-регулирующем элементе гидроаппарата / Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин: междунар. науч.-технич. конф., 17-19 ноябр. 2010 г.: сборник докладов / З. Я. Лурье, П. Н. Андренко – Минск, БНТУ, 2010. С. 47 – 53. 10. *Korzeneniowski R.* Identyfikacja sil tarcia w serwonapedzie elektropneumatycznym [Текст] / R. Korzeneniowski, J. Pluta // International scientific-technical conference HYDRAULIC AND PNEUMATICS '2005. – Wroclaw, 2005. – P. 283 – 292. 11. *Скляревский О. М.* Об'ємний гідропривід: [навч. посіб.] / О. М. Скляревский // – Запоріжжя: ЗНТУ, 2001. – 212 с.

Надійшла до редколегії 18.09.2013

УДК 665.9

Проектирование гидравлических модулей руху за їх узагальненими математичними моделями / Свиноаренко М. С. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.11-15. – Бібліогр.: 11 назв.

Предложена математическая модель рабочего процесса гидравлических модулей движения применение которой, позволит ускорить разработку математических моделей таких модулей. Установлена взаимосвязь между параметрами перемещения выходного звена исполнительного механизма модуля движения, перемещением запорно-регулирующего элемента (ЗРЭ) гидроаппарата управления и силой управления ЗРЭ.

Ключевые слова: гидравлический модуль, математическая модель, методика проектирования, гидроцилиндр, характеристики.

A mathematical model of workflow modules hydraulic motion the use of which will accelerate the development of mathematical models of such modules. The relationship between the parameters of the output displacement of the actuator module-level movement, moving shutoff element (ZRE) decoupler control and power management ZRE.

Keywords: hydraulic module, a mathematical model, the method of design, hydraulic cylinder specifications.

УДК 621.08.45

А. П. НИКОЛАЕНКО, канд. техн. наук, доц., Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Луганск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВИБРАЦИОННЫХ СТАНКОВ С U-ОБРАЗНОЙ ФОРМОЙ КОНТЕЙНЕРА

В работе представлено математическое моделирование движения U-образного контейнера вибрационного станка, с целью нахождения оптимального положения вибровозбудителя относительно контейнера и предложена усовершенствованная конструкция станка.

Ключевые слова: вибрационная обработка, циркуляционное движение, вибрационный станок, оптимальная конструкция, производительность.

© А. П. НИКОЛАЕНКО, 2013

Введение. Вибрационная обработка (ВиО), получившая широкое распространение и являющаяся перспективным методом обработки деталей, особенно сложных форм, выполняется на вибрационном оборудовании различных типов.

За время существования вибрационной обработки неоднократно проводились анализ и классификация вибрационного оборудования, с целью нахождения рациональной конструкции ВиО-станка, обеспечивающей интенсификацию процесса обработки и повышение качества обрабатываемых поверхностей. [1, 3, 4, 5, 6].

Целью работы. Целью работы является моделирование взаимосвязь между параметрами вибрационного оборудования, его конструктивными элементами и соответствующими характеристиками технологических процессов. А также разработка, на основе проведенных исследований, усовершенствованной конструкции вибрационного станка, обеспечивающей повышения производительности вибрационной обработки.

Математическое моделирование. Математическое моделирование процесса вибрационной обработки является достаточно сложной задачей. В первую очередь это связано с тем, что рабочая среда является сыпучей средой, характеристики которой значительно изменяются в зависимости не только от свойств ее элементов, но и от режимов работы и параметров конструкции вибрационного станка. Изменяются такие свойства, как способность среды передавать силовой импульс в зону обработки, транспортирование рабочей среды, появление в контейнере зон с различной интенсивностью обработки.

Моделирование движения контейнера является необходимым связующим звеном между параметрами работы и конструкции вибрационного станка и конечным результатом – энергией силового импульса, передаваемого от стенок контейнера рабочей среде и далее в зону обработки, съемом припуска или глубиной упрочнения поверхностного слоя заготовки в зависимости от поставленной цели.

Описание движения контейнера с учетом его загрузки является актуальной задачей также по причине, что лишь в этом случае, возможно производить дальнейший анализ перемещения рабочей среды.

Была разработана математическая модель [2] движения контейнера вибрационного станка, учитывающая влияние массы загрузки и изменение реологических параметров колебательной системы, расчетная схема которой представлена на рис. 1.

На рис.1: C_x, C_y – коэффициент упругости подвесок; L_x, L_y – расстояния по

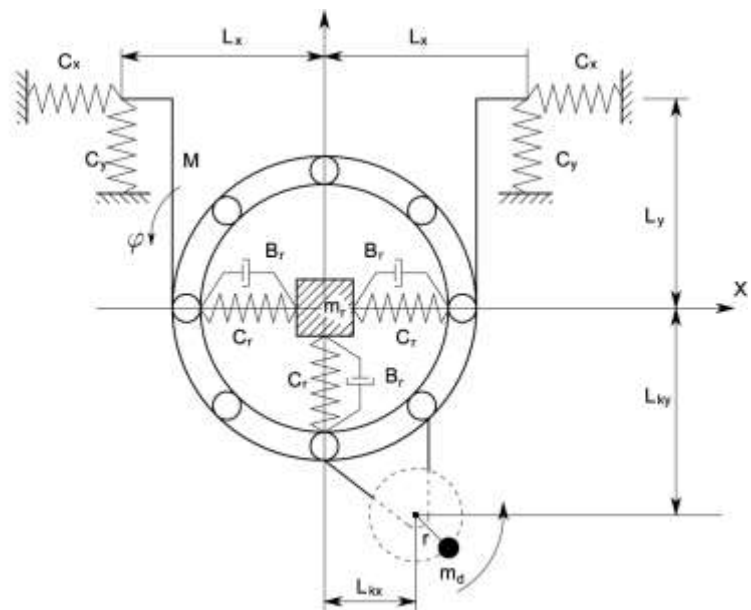


Рис. 1- Расчетная схема предлагаемой математической модели работы вибрационного станка

осям X, Y от центра масс до точек закрепления левой и правой подвесок; C_r – коэффициент упругости рабочей среды; B_r – коэффициент демпфирования рабочей среды; L_{kx}, L_{ky} – расстояния по осям X, Y от центра масс до точки приложения возмущающей силы; M – масса контейнера и присоединенной части загрузки; m_r – масса загрузки (согласно схеме расположенная в центре контейнера и перемещающаяся под воздействием слоя, соприкасающегося с его стенками); m_d – несбалансированная масса дебалансных грузов; J – момент инерции системы (совокупный контейнера и дебаланса) относительно центра масс; r – эксцентриситет массы дебаланса относительно его оси вращения; ω – угловая скорость вращения дебалансного вала вибровозбудителя; φ – угол поворота контейнера относительно центра масс системы против часовой стрелки, X, Y – координатные оси, проведенные через центр масс контейнера.

Для решения таких задач используется уравнение Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} + \frac{\partial U}{\partial q} = F_q, \quad (1)$$

где q – обобщенная координата ($q \in \{X, Y, \varphi\}$);

T – кинетическая энергия системы;

U – потенциальная энергия системы;

F_q – внешняя обобщенная сила, для рассматриваемой модели определяемая как:

$$F_q = Q_q - \frac{\partial D}{\partial \dot{q}}, \quad (2)$$

где Q_q – возмущающая сила;

D – диссипативная функция Рэлея.

Изменения угла φ принимаются достаточно малыми для соблюдения условия $\sin \varphi \approx \varphi$, $\cos \varphi \approx 1$. Плечи проекций упругих сил постоянны.

Для данного случая кинетическая энергия системы может быть выражена как:

$$T = \frac{1}{2} \left((M + m_d) \dot{x}^2 + (M + m_d) \dot{y}^2 + J \dot{\varphi}^2 + m_r \dot{x}_r^2 + m_r \dot{y}_r^2 \right). \quad (3)$$

Потенциальная энергия выражается как сумма энергий деформации упругих элементов системы по соответствующим обобщенным координатам и энергии, связанной с упругими свойствами рабочей среды:

$$U = \frac{1}{2} \left[2C_x (x - L_y \varphi)^2 + C_y (y - L_x \varphi)^2 + C_y (y + L_x \varphi)^2 + C_r (x_{cr} - x)^2 + C_r (y_{cr} - y)^2 \right] \quad (4)$$

Данная характеристика выражается функцией Рэлея:

$$D = \frac{1}{2} \int_F \dot{q}^T B \dot{q} dF, \quad (5)$$

где: \dot{q} – столбец обобщенных относительных скоростей трущихся поверхностей;

B – неотрицательная матрица коэффициентов вязкого трения, а интегрирование производится по всем трущимся поверхностям F .

Физически функция D выражает мощность диссипативных сил поверхностного трения. Для данной расчетной схемы и соответствующих обобщенных координат D запишется как:

$$D = \frac{1}{2} \left[B_r (\dot{x}_r - \dot{x})^2 + B_r (\dot{y}_r + \dot{y})^2 \right]. \quad (6)$$

Приложенная сила Q_q для соответствующих обобщенных координат определяется как:

$$\begin{aligned} Q_x &= m_d r \omega^2 \cos(\omega t); \\ Q_y &= m_d r \omega^2 \sin(\omega t); \\ Q_\varphi &= m_d r \omega^2 (L_x \sin(\omega t) - L_y \cos(\omega t)). \end{aligned} \quad (7)$$

Подставив D , T , U в уравнение (3.1) и расписав для соответствующих обобщенных координат, получим систему из пяти обыкновенных линейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} (M + m_d)\ddot{x} + (2C_x + C_r)x - 2C_x L_y \varphi - C_r x_r + B_r \dot{x} - B_r \dot{x}_r = \omega^2 r \cos(\omega t) m_d; \\ (M + m_d)\ddot{y} + (2C_y + C_r)y - C_r y_r + B_r \dot{y} - B_r \dot{y}_r = \omega^2 r \sin(\omega t) m_d; \\ J\ddot{\varphi} + (2C_x L_y^2 + 2C_y L_x^2)\varphi - 2C_x L_y x = L_{kx}(\omega^2 r \sin(\omega t) m_d) - L_{ky}(\omega^2 r \cos(\omega t) m_d); \\ m_r \ddot{x}_r + C_r x_r - C_r x + B_r \dot{x}_r - B_r \dot{x} = 0; \\ m_r \ddot{y}_r + C_r y_r - C_r y + B_r \dot{y}_r - B_r \dot{y} = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Результаты теоретических исследований. Система (8) была решена численно с помощью модифицированного метода Рунге-Кутты, что позволило достичь следующих основных целей:

- исследовать зависимость траектории движения контейнера вибрационного станка от расположения вибровозбудителя;
- оценить циркуляционное движение массы загрузки;
- исследовать зависимость производительности процесса вибрационной обработки от расположения вибровозбудителя относительно корпуса U-образного контейнера.

Предложенная модель позволяет вычислять траектории движения контейнера, а также мощность, затрачиваемую на обработку изделий в зависимости от условия обработки и положения вибровозбудителя относительно контейнера вибрационного станка.

Опираясь на разработанную модель, предложена методика точного определения циркуляционной скорости рабочей среды, а также методика определения стабильности движения циркуляционного потока. Получены результаты исследований зависимости циркуляционного движения от места расположения вибровозбудителя.

С помощью разработанной модели определена эффективность процесса вибрационной обработки в зависимости от координат расположения вибровозбудителя относительно продольной оси контейнера, с обеспечением циркуляционного потока и повышением производительности процесса без введения дополнительных энергозатрат.

Экспериментальные исследования подтвердили результаты математического моделирования и показали, что изменения в конструкции вибрационного станка, выбор места расположения вибровозбудителя относительно контейнера, а именно его расположение под углом 45° к оси ординат, перпендикулярной, продольной оси, проходящей через центр масс контейнера для станка с объемом контейнера до 100 дм^3 обеспечивает повышение производительности вибрационной обработки на $20 \dots 30 \%$ при достижении необходимых технологических результатов.

Усовершенствование конструкции станка. На основе проведенных исследований была разработана конструкция модифицированного вибровибрационного станка ВНУ 100, с возможностью изменения места расположения вибровозбудителя относительно контейнера (рис. 2) предназначенного для выполнения следующих операций: очистка поверхности детали от окалины, коррозии, формовочных материалов; удаление заусенцев и округление острых кромок, удаление облоя; шлифование и полирование поверхностей деталей при подготовке их под защитные и

декоративные гальванические и др. покрытия; повышение качества поверхностного слоя, обеспечение требуемых геометрических и физико-механических характеристик.

Отличие данного станка заключается в

обеспечении возможности изменения расположения источника колебаний – вибровозбудителя относительно контейнера. Это достигается путем закрепления вибровозбудителя жестко на скобе, с возможностью изменения положения относительно контейнера и последующего закрепления к нему.

Станок для вибрационной обработки деталей содержит U-образный контейнер 1, вибровозбудитель 2, жестко закрепленный на скобе 3, прикрепленной к контейнеру с помощью шайбы 4 и болта 5, с возможностью изменения положения скобы относительно контейнера, определяемому по шкале 6 и последующим прикреплением к нему болтами 7.

Техническая характеристика станка ВНУ-100:

контейнера	V –	100дм ³ ;
амплитуда колебаний	A –	0,2...3,2мм;
частота колебаний	f –	50Гц;
мощность	N –	7,0кВт;
масса	m –	2400кг;
габариты		–
		2100×950×1200мм.

Работа станка для вибрационной обработки деталей осуществляется следующим образом. Контейнеру 1,

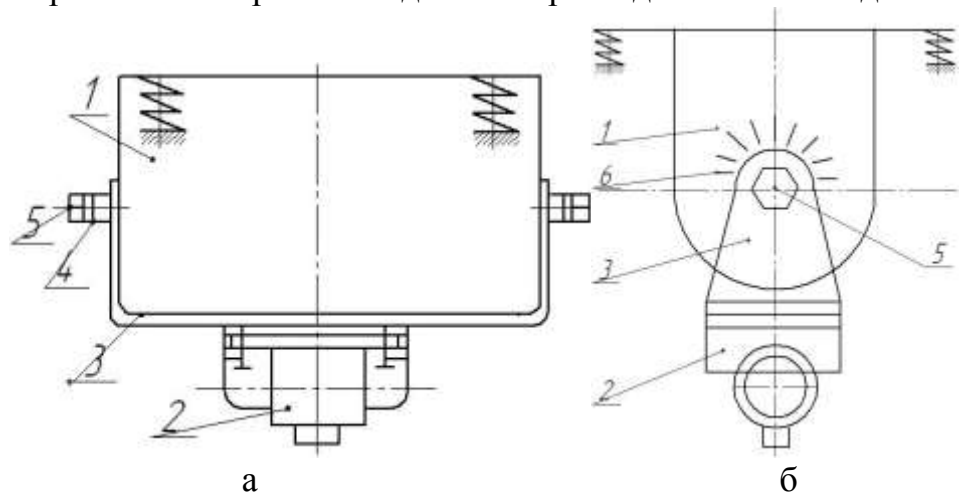


Рис.2. - Принципиальная схема модифицированного вибровибрационного станка ВНУ-100: а – общий вид; б – вид сбоку

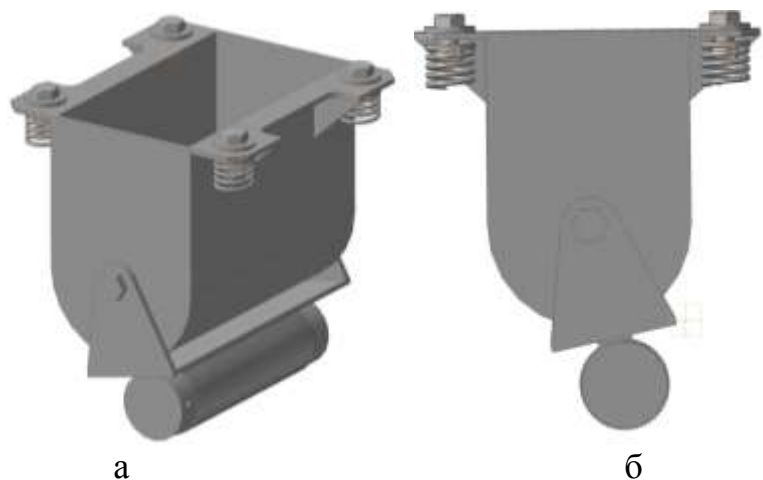


Рис. 3 - Трехмерная модель вибровибрационного станка модифицированной конструкции, разработанная в среде САПР Компас 3D: а – изометрия, б – вид сбоку

смонтированному на упругих подвесках и имеющему возможность колебаться в различных направлениях, сообщаются колебательные движения при помощи инерционного вибровозбудителя 2. Вибровозбудитель 2 устанавливается под определенным углом по отношению к контейнеру 1, определяемому по шкале 6. В зависимости от угла поворота скобы 3, на которой жестко закреплен вибровозбудитель, устанавливается его положение, обеспечивающее стабильное циркуляционное движение, которое способствует достижению качественного результата процесса обработки. При этом движение вала вибровозбудителя осуществляется в сторону, противоположную движению рабочей среды.

Выбор расположения вибровозбудителя осуществлялся следующим образом (рис. 4). На основании ранее проведенных исследований были установлены начальные параметры, а именно частота и амплитуда, загружалась рабочая среда и заданный объем технологической жидкости. Затем были установлены начальные координаты расположения вибровозбудителя. После запуска станка осуществлялось измерение циркуляционной скорости потока рабочей среды, и, если ее значение соответствовало требуемому, производилась загрузка деталей. Осуществлялось повторное измерение циркуляционной скорости рабочей среды и загруженных в контейнер деталей, если это значение близко к первому, то обработка проводилась при данном положении вибровозбудителя. Таким образом, перемещая скобу с расположенным наней вибровозбудителем относительно контейнера, ориентируясь по шкале и измеряя циркуляционную скорость массы загрузки, можно выбирать наиболее оптимальное место расположения вибровозбудителя.

Вследствие вибраций детали и рабочая среда непрерывно имеют переменные по знаку ускорения и находятся в инерционном относительном перемещении, совершая два вида движения: колебательное (осцилирующее) с частотой, зависящей от частоты колебаний контейнера и вращение всей массы загрузки (циркуляционное).

Направление относительных перемещений деталей и частиц рабочей среды меняется, в результате чего происходит обработка. В процессе обработки детали занимают различное положение в рабочей среде, что обеспечивает достаточно равномерную обработку всех поверхностей, контактирующих с рабочей средой.

Выводы. Благодаря возможности обеспечения рационального расположения вибровозбудителя относительно контейнера повышается производительность процесса вибрационной обработки, снижается время, необходимое для обработки изделий без повышения энергоемкости процесса.

Список литературы: 1. Вибрационные станки для обработки деталей / Бабичев А.П., Трунин В.Б., Самодумский Ю.М., Устинов В.П. – М.: Машиностроение, 1984. – 168 с. 2. Николаенко А.П.

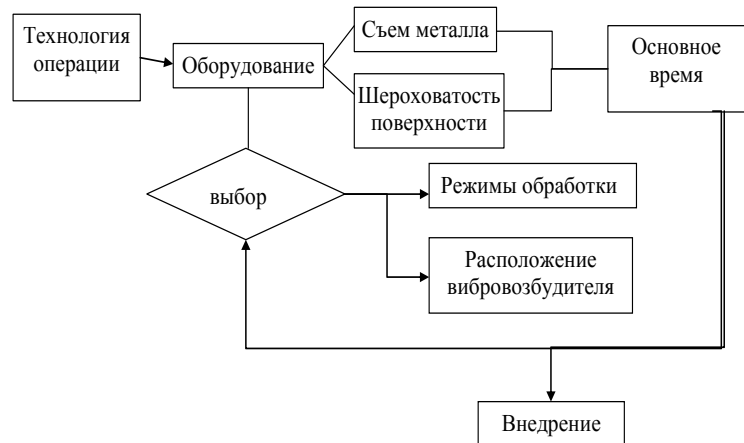


Рис. 4 – Схема выбора оборудования для операции вибрационной обработки

Исследование зависимости интенсивности вибрационной обработки от расположения вибровозбудителя / *А.П. Николаенко, М. А. Калмыков* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 2/5(38). – С. 54 – 57. **3. Погребщикова Ю.Б.** Выбор технологического оборудования для реализации многооперационных технологических процессов вибрационной обработки / *Ю. Б. Погребщикова, В.Б. Трунин, Ю.М. Самодумский, В.Г. Кравчик*// Вопросы вибрационной технологии. – 1999. – С. 11 – 19. **4.Сердюк Л.И.** Управляемые вибрационные машины с дебалансными вибровозбудителями колебаний / *Л.И. Сердюк*// Вибрации в технике и технологиях. – 1994. – №1. – С. 31 – 35. **5.Берник П.С.** Аналіз конструкцій вібраційних технологічних частотних машин для оздоблювально-зміцнювальної обробки деталей / *П.С. Берник, Л. В. Ярошенко, Р.М. Горбатюк* // Вибрации в технике и технологиях. – 2000. – №2(14). – С. 7 – 14. **6. Берник П.С.** Розвиток конструктивних та технологічних схем машин для обробки виробів в умовах вільного кінематичного зв'язку між деталями та робочим інструментом / *П.С. Берник, І. П. Паламарчук, І.С. Липовий* // Вібрації в техніці та технологіях. – 1998. - №2 (6). – С. 21 – 29.

Поступила в редколлегию 10.09.2013

УДК 621.08.45

Совершенствование конструкции вибрационных станков с U-образной формой контейнера / **Николаенко А. П.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.15-21. – Бібліогр.: 6 назв.

В роботі представлено математичне моделювання руху U-подібного контейнера вібраційного верстата, з метою знаходження оптимального положення вібровбудника відносно контейнера та запропонована удосконалена конструкція верстата.

Ключові слова: вібраційна обробка, циркуляційний рух, вібраційний верстат, оптимальна конструкція, продуктивність.

The work presents the mathematical modeling of the motion of the vibrating machine U-shaped container, in order to find the optimum position of vibroexciter relatively to the container and an improved design of the machine.

Key words: vibrating treatment, circular motion, vibrating machine, optimal design, productivity.

УДК 621.314

В. С. ЄРЕМЕНКО, канд. техн. наук, доц., професор кафедри, НАУ, Київ

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЯ УШКОДЖЕНОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

В статті розглянуті питання руйнування композиційних матеріалів, запропонована методика визначення інтегрального параметру, який характеризує зміну фізико-механічних властивостей в дефектних зонах виробу – коефіцієнта пошкодження матеріала. Наведені результати експериментальних досліджень проведених на стільникових панелях з ударними пошкодженнями. Визначена залежність коефіцієнта пошкодження від енергії руйнуючого удару для даного типу матеріалів/

Ключові слова: композиційні матеріали, неруйнівний контроль, ступень пошкодження

Вступ. Виникнення дефектів в деталях з композиційних матеріалів значною мірою пов'язано з технологічними причинами в процесі виробництва та дією різноманітних впливаючих чинників при експлуатації. Дефектами, що зменшують міцність композиційного матеріалу є пори, мікротріщини, розшарування, дефекти з'єднання елементів, розриви волокон, зони нерівномірного затвердіння матриці і ін. Так, навіть мала частка порожнин за об'ємом матриці впливає на характеристики міцності.

Згідно з [1], кінетика руйнування волоконного композиційного матеріалу наступна: у момент розриву волокна напруга падає, але при подальшому

© В. С. ЄРЕМЕНКО, 2013

навантаженні матриця деформаційно зміцнюється і навантажує зруйновані волокна. Вся композиція руйнуватиметься тільки після того, коли вичерпається запас пластичності матриці. При подальшому збільшенні навантаження в матриці відбувається локальний наклеп і навантаження зростає настільки, що вона стає здатною навантажити нові відрізки волокон до їх руйнування в іншому перетині.

Якщо ж композиція складається з крихких волокон з великим розкидом міцності і малопластичної матриці (наприклад, боропластики, вуглепластики, склопластики), то використання при оцінці міцності композиційного матеріалу середньої міцності волокон приводить до великих похибок. Розрив волокна, що з'явився в одному перерізі, не приводить до руйнування всіх волокон в цьому ж перерізі, оскільки внутрішні дефекти у волокнах розподілені статистично. Після першого розриву в одному перерізі відбувається розрив іншого волокна в іншому перерізі. Ці розриви накопичуються по довжині зразка і при досягненні деякого критичного стану призводять до руйнування композиційного матеріалу в цілому.

Одна з найважливіших характеристик композиційного матеріалу – його опір розповсюдженню тріщин або в'язкість руйнування. В будь-якому матеріалі завжди є дефекти (пори, тріщини, та ін.), які під дією порівняно невеликих напруг можуть розростися і спровокувати катастрофічне руйнування всього матеріалу.

Не завжди міцний матеріал добре чинить опір розповсюдженню тріщин. При великій статичній міцності у нього може бути низька в'язкість руйнування, яка лімітується процесами розвитку тріщин. Один і той же матеріал при випробуванні тонких зразків може поводитися як пластичний і в'язкий, а при випробуваннях крупних зразків і деталей стає крихким. Це пов'язано із зміною напруженого стану у вершині тріщини, що розповсюджується, – переходом від плоского напруженого стану до плоского деформованого стану.

Проте, для армованих композиційних матеріалів характерні такі механізми руйнування, пов'язані з наявністю в композиційному матеріалі великого числа поверхонь розділу, які можуть загальмувати розповсюдження тріщин (відшарування волокна від матриці, розрив і прослизання волокон, витягування волокон з матриці і пластична деформація матриці). В умовах циклічних навантажень композиційні матеріали мають високу стійкість, при цьому їх втомленість відмінна від втомленості металів за множинністю типів руйнування, чутливістю до надрізів і поведінки при стисненні. При рівній масі однонаправлені композиційні матеріали (скло– і вуглепластики) мають втомну міцність в 2–3 рази вище в порівнянні з конструкційними металами.

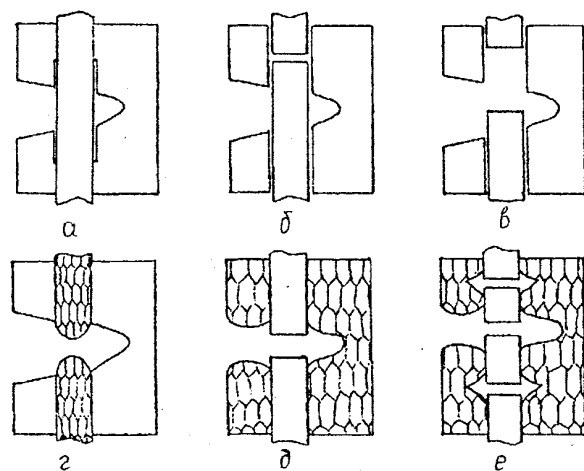


Рис. 1 - Механізми руйнування композиційного матеріалу: а – відшарування волокна від матриці; б – розрив волокна і прослизання; в – витягування волокна; г – пластична деформація і розрив волокна; д – крихке руйнування волокна і пластична плинність; е – множинне крихке руйнування і пластична деформація матриці поблизу кожного розриву

Найпоширеніші типи руйнування композиційних матеріалів залежать як від числа циклів навантаження N , так і від амплітуди напруг (рис. 1).

Такі типи руйнувань викликають поступове зниження жорсткості в процесі втомленості внаслідок дисперсії пошкоджень в об'ємі. Поступове зниження жорсткості забезпечує живучість конструкції і дозволяє легко знаходити пошкодження на безпечному етапі (до допустимої зміни жорсткості).

Основний зміст роботи. Як вже зазначалось, композиційні матеріали мають широкий спектр можливих типів дефектів, крім цього при різних навантаженнях одні ті самі дефекти можуть поводити себе по-різному. Тому пропонується розглядати можливість виявлення засобами неруйнівного контролю не окремих типів дефектів та їх розмірів, а можливість визначення інтегрального параметра - коефіцієнта ушкодження матеріалу $D(\xi)$ [2].

Механічна напруга змінюється за законом Гука

$$\sigma = E_0 \xi, \quad (1)$$

де E_0 – модуль Юнга, константа, ξ – деформація.

Припускається, що початково крихке тіло буде мати лінійну пружність у межах $0 < \sigma < \sigma_y$, где σ_y – границя пластичності. Із попередньої формули видно, що деформація при границі пластичності становить

$$\xi_y = \frac{\sigma_y}{E_0}. \quad (2)$$

У разі нескінченно довгого зростання напруги припускається, що тверде тіло руйнуватиметься при навантаженні σ_y . Якщо тверде тіло підлягає миттєвому постійному навантаженню $\sigma_0 > \sigma_y$, як показано на рис. 2. – крива ABI , пошкодження відбуватиметься вздовж осі тиску IJ до повного руйнування.

В іншому випадку пружне тверде тіло може бути розтягнуто дуже швидко з постійною деформацією $\xi_0 > \xi_y$, прикладеною миттєво. В цьому випадку пошкодження буде розповсюджуватись уздовж осі деформації IH , до тих пір, поки напруга не наблизиться до границі пластичності σ_y . Коли тиск на крихке тіло досягне постійного кінцевого значення, припускаємо, що лінійна пружність (1.1) має місце в межах $0 < \sigma < \sigma_y$.

Діаграма зображена при припущенні, що тверде тіло поводить ся також, як і пластичні матеріали при деформаціях менше границі пружності σ_y (AB). Якщо навантаження на об'єкт наростає нескінченно повільно, матиме місце руйнування тіла при навантаженні σ_y (BG).

Якщо навантаження прикладене швидко до σ_0 і ϵ постійним, пошкодження буде відбуватися уздовж лінії $ABIJ$. Якщо деформація збільшується дуже швидко до ξ_0 , пошкодження стане слабшим, напруга зменшиться до границі пружності вздовж лінії $ABIH$. Пошкодження в проміжному стані збільшення напруги з постійною інтенсивністю відбувається вздовж кривої ABE .

При навантаженнях вищих, ніж границя пружності $\sigma > \sigma_y$ руйнування спостерігається у вигляді мікротріщин. Такий тип пошкодження приводить до

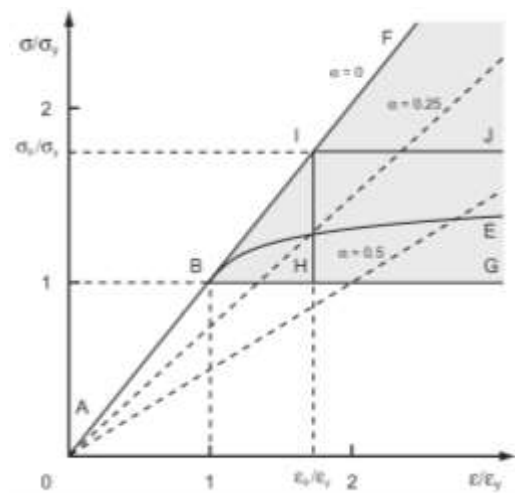


Рис. 2 - Ідеалізована діаграма тиску-деформації для крихкого твердого тіла

прискорення деформації і до відхилення від лінійної еластичності. Типова крива ABE для такого роду дефектів.

Для визначення відхилення від лінійної еластичності у відношення тиск/деформація буде введено коефіцієнт пошкодження D

$$\sigma = E_0(1 - D)\xi. \quad (3)$$

Якщо $D=0$, формула (1.3) вироджується у (1.1) і має місце лінійна пружність; якщо ж $D \rightarrow 1$ ($\xi \rightarrow \infty$), виникає пошкодження.

Поводження стрижневої конструкції під напругою проілюстровано схематично на рис. 3. Відхилення від лінійної пружності і існування пошкодження показано схематично. Напруга в стрижневій конструкції дана, як функція деформації. На ділянці I, де спостерігається лінійна пружність має місце рівняння (1.1), причому E_0 модуль Юнга непошкодженого матеріалу є константою. На ділянці II, де присутнє відхилення від лінійної пружності існує очікувана небезпека появи мікротріщин. Ці дефекти зменшують міцність матеріалу, виникає необоротна деформація конструкції. Для вищеприписаної напруги σ , деформація більше, ніж значення яке задавалося у формулі (1.1). Відповідно отримуємо

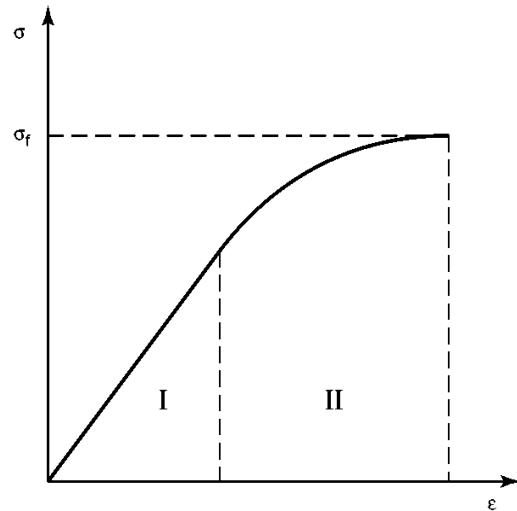


Рис. 3 – Схематична ілюстрація пошкодження пластичної стрижневої конструкції

$$\sigma = E_{ef}\xi, \quad (4)$$

де E_{ef} - ефективний модуль Юнга, який не є константою.

Неперервний підхід до цього процесу дозволяє застосувати коефіцієнт пошкодження:

$$E_{ef} = E_0(1 - D). \quad (5)$$

Коефіцієнт пошкодження кількісно визначає відхилення від лінійної пружності і розподіл мікротріщин у стрижневій конструкції.

Експериментальні дослідження. Експериментальні дослідження проводились на зразках композиційних матеріалів зі стільниковим заповненням ПСП-1 та обшивкою на основі склотканини Т42/1-76 фізико-механічні характеристики яких відповідають реальним конструкціям.

Для моделювання різного ступеня пошкодження на зразки стільникових панелей були нанесені точкові удари з нормованою енергією 2.24; 2.8; 3.4 та 5.1 кДж. Дефекти даного типу найбільш часто зустрічаються при експлуатації виробів із композитів.

Для опису залежності напруга/деформація було застосовано наступну залежність, що описується кривими Вейбула [3]:

$$\sigma = E\xi \exp\left(-\left(\frac{\xi}{\xi_0}\right)\right).$$

Тоді коефіцієнт пошкодження в залежності від деформації можна записати, як:

$$D(\xi) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{\xi}{\xi_0}\right)^m\right),$$

де m – характеристика жорсткості матеріалу; ξ_0 – максимальна деформація; ξ – значення деформації, якої зазнав виріб у зоні контролю.

В цьому рівнянні $D(\xi)=0$ відповідає неушкодженій ділянці поверхні контрольованого виробу, а $D(\xi)=1$ – повністю зруйнованій ділянці.

На стільникових панелях в зонах ударного пошкодження були виміряні відносні значення амплітуди сили ударної взаємодії за допомогою системи акустичного контролю, що реалізує метод низькошвидкісного удару [4]. Ці значення наведені у табл.

Таблиця – Відносні значення сили ударної взаємодії

Енергія пошкоджуючого удару, кДж	Відносна амплітуда сили ударної взаємодії
0	1
2.24	0.62
2.8	0.45
3.4	0.31
5.1	0.19

Відомо, що амплітуда сили ударної взаємодії матеріалу та бійка п'єзоперетворювача описується рівнянням [5]:

$$F_M = 1.28 \cdot M^{\frac{3}{5}} \cdot V^{\frac{6}{5}} \cdot \left(\frac{1-\mu^2}{E}\right)^{\frac{2}{5}} \cdot r^{\frac{1}{5}},$$

де параметри бійки: M – маса; V – швидкість; μ – коефіцієнт Пуассона; r – радіус.

Шляхом відповідних перетворень можна встановити, що:

$$\frac{F'_M}{F_M} = \left(\frac{E}{E_{ef}}\right)^{\frac{2}{5}}, \text{ або } \frac{E'}{E} = \left(\frac{F'_M}{F_M}\right)^{\frac{5}{2}},$$

де F'_M – амплітуда сили ударної взаємодії у пошкодженій зоні об'єкту контролю, а F_M відповідає силі взаємодії в неушкодженій зоні.

Тоді коефіцієнт пошкодження матеріалу

можна визначити як: $D(\xi) = 1 - \frac{E'}{E} = 1 - \left(\frac{F'_M}{F_M}\right)^{\frac{5}{2}}$.

Таким чином, для зразків стільникових склопластиків було розраховано залежність коефіцієнтів пошкодження від енергії ударів, нанесених на зразки рис. 4.

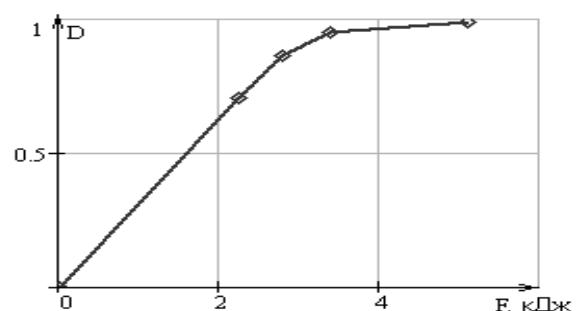


Рис. 4 - Залежність ступеня пошкодження стільникових панелей ПСП-1 від енергії пошкоджуючого удару

Висновки. Представлений метод дозволяє оцінити ступінь зміни фізико-механічних властивостей композиційних матеріалів за допомогою коефіцієнта пошкодження, який кількісно визначає відхилення від лінійної пружності та розподіл мікротріщин у композитній конструкції. Проведені експериментальні

дослідження на прикладі ударних пошкоджень стільникової панелі показали можливість використання запропонованого методу для інтерпретації результатів неруйнівного контролю композитів.

Список літератури: 1. Фудзши, Т. Механика разрушения композиционных материалов / Т. Фудзши, М. Дзако; пер.с япон. – М.: Мир, 1982. – 232 с. 2. Krajcinovic, D. Statistical aspects of the continuous damage theory / D. Krajcinovic, M. D. Silva // Int. J. Solids Struct. – 1982. – №18. – P. 551-562. 3. Hudson, J. A. Tensile strength, Weibulls theory and a general statistical approach to rock failure / J. A. Hudson, C. Fairhurst // The Proceedings of the Civil Engineering: Materials Conference (Part 2), Teeni, M., 1969. – Southampton, 1969. – pp. 901-904. 4. Еременко, В. С. Обнаружение ударных повреждений сотовых панелей методом низкоскоростного удара / В. С. Еременко, В. М. Мокийчук, А. М. Овсянкин // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2007. – №1. – С. 24 – 27. 5. Cawley, P. The mechanics of the coin-tap method of non-destructive testing / Cawley P., Adams R. D. // Jourural of sound and vibration. – № 2 (122). – 1988. P. 299 – 313.

УДК 621.314

Метод оцінювання ступеня ушкодження композиційних матеріалів / Єременко В. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.21-26 . – Бібліогр.: 5 назв.

В статье рассмотрены вопросы разрушения композиционных материалов, предложена методика определения интегрального параметра, характеризующего изменение физико-механических свойств в дефектных зонах изделия – коэффициента поврежденности материала. Представлены результаты экспериментальных исследований проведенных на сотовых панелях с ударными повреждениями.

Ключевые слова: композиционные материалы, неразрушающий контроль, степень поврежденности.

This paper overview problem of fracture of composite materials and presents technique of estimation the integral parameter called the coefficient of material damage which characterizes changes of physic-mechanical properties in defective zones of composite material. Experimental results obtained in studies of honeycomb sandwich panels with impact damages.

Keywords: composite materials, non-destructive testing, the degree of damage.

УДК 669.1.002.5:621.78

В. Г. ЛЯСОВ, директор прокатного департамента, ПАО «Арселор Миттал Стил Кривой Рог»;

А. В. МАМАЕВ, менеджер, ПАО «Арселор Миттал Стил Кривой Рог»;

И. А. ГУНЬКИН, инженер-технолог, ПАО «Арселор Миттал Стил Кривой Рог»;

С. О. МАЦЫШИН, аспирант, Металлургический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛИНИИ УСКОРЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА 250-4 ПАО «АМКР»

В статье рассмотрено предложение по реконструкции линии ускоренного охлаждения для обеспечения гибкого управления процессом термомеханического упрочнения арматурного проката.

Ключевые слова: реконструкция, линия ускоренного охлаждения, гибкое управление, термомеханическое упрочнение, арматурный прокат.

Введение. На сегодняшний день повышение качества продукции является одной из основных задач металлургического производства, последовательное

решение которых способно обеспечить продукции необходимую конкурентоспособность на рынках сбыта продукции [1-6].

Пути решения указанных задач заключаются в разработке и освоении новых технологий и оборудования для термомеханического упрочнения проката, что в свою очередь дает возможность управлять процессом формирования физико-механических и потребительских свойств продукции, соответствующей международным требованиям.

Термическое упрочнение арматурного проката в потоке прокатки непрерывных станов в свое время явилось одним из наиболее прогрессивных технологических процессов, обеспечивающих существенное повышение комплекса механических и эксплуатационных свойств готового проката, изготавливаемого из низкоуглеродистых и низколегированных марок сталей [2].

Цель работы. Целью работы было разработка новой линии ускоренного охлаждения с гибкой системой управления процессом термомеханического упрочнения арматурного проката, соответствующего различным требованиям международных стандартов.

Методика экспериментов. Исследования проводились в условиях мелкосортного стана 250-4 СПЦ-2 ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог».

Обсуждение результатов. Арматурный прокат на МС 250-4 производят методом прокатки с разделением. По каждой стороне стана из чистой клетки выходит две нитки проката.

Используемая в настоящее время линия ускоренного охлаждения (далее – ЛУО) (рис. 1) состоит из нагнетающей форсунки (1) с двумя входами (для каждой нитки) и двумя выходами. После форсунки прокат вместе с водой попадает в камеры раздельного охлаждения (2). Эти две камеры постепенно сближаются и заканчиваются так называемой "сводкой". После сводки раскат (обе нитки одновременно) движется в камерах совместного охлаждения (3). Заканчивается ускоренное охлаждение после того, как вода отводится от раската узлом сброса отработанной воды (4). После линии ускоренного охлаждения располагаются двухбарабанные ножницы (5).

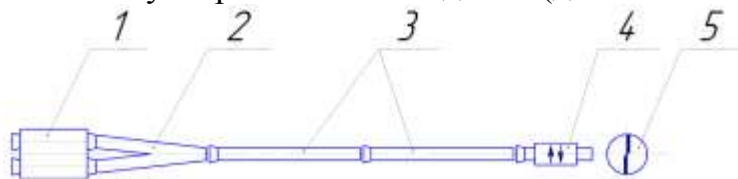


Рис. 1 - Существующая линия ускоренного охлаждения МС 250-4

При такой схеме степень охлаждения в значительной мере зависит от организации потока на первой стадии ускоренного охлаждения. Именно на этом участке происходит формирование омывающего раскат потока охлаждающей воды. В первую секунду охлаждения происходит очень быстрое снижение температуры поверхности раската (в теории - до температуры охлаждающей воды). Эти процессы происходят сразу после форсунок в камерах раздельного охлаждения. А в камерах совместного охлаждения процесс теплосъема происходит менее интенсивно. Первоначальное различие температур по ниткам уже создано в камерах раздельного охлаждения, и не может быть устранено даже идеальным совместным охлаждением.

В любой ЛУО степень охлаждения (т.е. конечную температуру раската) можно регулировать двумя способами: изменять интенсивность и время охлаждения.

Интенсивность охлаждения чаще всего изменяют путем изменения давления охлаждающей воды в коллекторе перед форсункой. Примерно тот же эффект

получается при изменении степени заполнения камеры охлаждения, т.е. регулировки целевого зазора, через который в форсунке подается вода. Такой подход интуитивно понятен и обладает кажущейся простотой. Однако, это кажущаяся простота. На рис. 2 схематично показана зависимость температуры конца ускоренного охлаждения от давления воды перед форсункой.

Как видно из рис.2, возможность регулирования степени охлаждения давлением крайне ограничена. Во-вторых, существует некое насыщение.

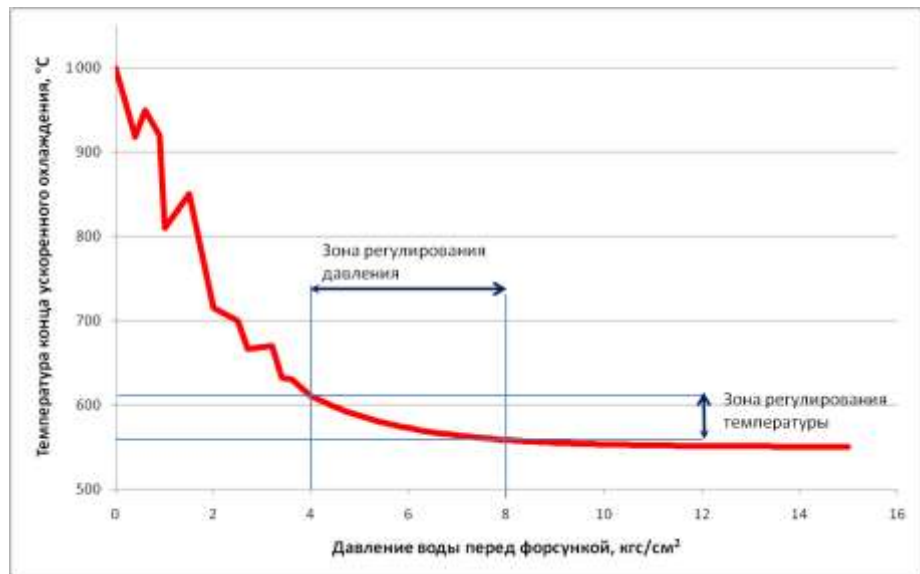


Рис. 2 - Схематичное отображение зависимости температуры конца ускоренного охлаждения от давления воды в коллекторе перед форсункой при регулировании степени охлаждения путем изменения его интенсивности

На приведенной диаграмме видно, что при давлении порядка 8 кгс/см² температура самоотпуска раската практически стабилизируется. Дальнейшее повышение давления воды не приводит к снижению температуры раската. Зато появляются перерасход воды и разгон раската после его выхода из чистой клетки за счет гидротранспортирования. А, во-первых, зона, в которой можно уверенно регулировать температуру крайне узкая. На приведенной схеме видно, что при давлении воды перед форсункой ниже 4 кгс/см² охлаждение становится нестабильным. Зависимость "температура, как функция давления" перестает быть монотонной. Строго говоря, такая зависимость пропадает, как таковая. В итоге для регулировки температуры у нас остается участок с давлением 4 ÷ 8 кгс/см², который позволяет изменять температуру в интервале Δ 50 °С.

Время охлаждения изменяют путем изменения длины зоны активного охлаждения (ЗАО). Поскольку раскат после последней клетки движется с постоянной скоростью, время охлаждения однозначно определяется скоростью прокатки и длиной ЗАО. Если отвлечься от второстепенных факторов, то длина ЗАО - это расстояние от форсунки до узла сброса отработанной воды. Т.е. для того, чтобы изменить время охлаждения необходимо передвигать либо форсунку, либо узел сброса.

Можно считать, что на "Криворожстали" в свое время была создана уникальная конструкция узла сброса отработанной воды (отсечки), не требующего для своей работы подвода воды высокого давления. Отсутствие необходимости в подаче воды высокого давления позволяет сравнительно просто перемещать отсечку в требуемое место. Единственный необходимый для работы узла энергоноситель - сжатый воздух при давлении до 3 кгс/см².

Применяемая в настоящее время схема изменения длины зоны активного охлаждения в линии МС 250-4 показана на рис. 3. Отсечка стоит после камеры

совместного охлаждения. В нее входят оба раската двух ниток. При установке отсечки в крайнее дальнее положение обеспечивается максимальная степень охлаждения раската. Передвигая узел сброса ближе к форсункам, можно уменьшать длину зоны активного охлаждения, как следствие - время и степень охлаждения. Установка узла сброса сразу за сводкой дает минимальную степень охлаждения.

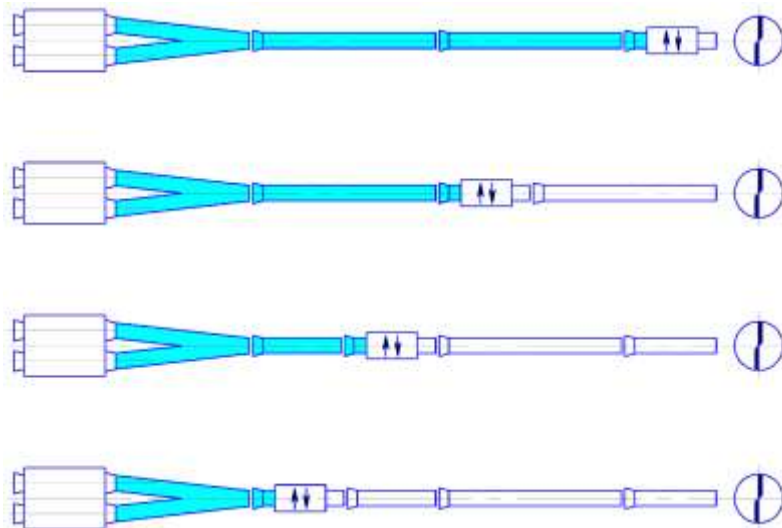


Рис. 3 - Принципиальная схема изменения степени охлаждения проката в существующей ЛУО

Анализ (рис. 3) сразу показывает нам основной недостаток существующей ЛУО. Самая малая степень охлаждения ограничивается длиной камер отдельного охлаждения. Т.е. существует некая "мертвая зона", в которой невозможно установить отсечку (см. рис. 4). Этот недостаток ЛУО не был критическим в то время, когда она создавалась. На тот момент времени МС 250-4 специализировался на производстве арматурного проката диаметром 12 мм классов А400С и А500С по ДСТУ 3760. Расширение сортамента стана и необходимость производства горячекатаных видов арматурного проката классов А400 по ГОСТ 5781 и Grade 40 по ASTM 615 привели к необходимости уменьшать длину камер отдельного охлаждения, передвигать сводку ближе к форсункам. Однако такие мероприятия имеют границы. Существуют разумные пределы углов, по которым можно изменять направление движения раската. Дальнейшее снижение степени охлаждения за счет длины ЗАО стало невозможным. Снижать степень охлаждения пришлось за счет уменьшения давления воды перед форсункой. Трудности, возникающие при таком подходе, описаны выше. Как следствие, возникла технологическая проблема кривизны прутков и увеличения доли некондиции.

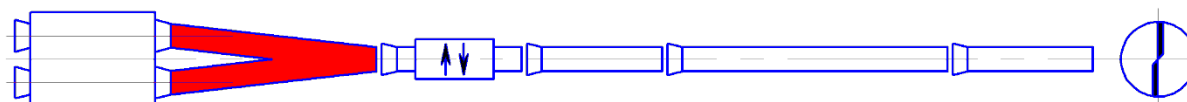


Рис. 4 - Основная проблема существующей ЛУО. Красным цветом показана "мертвая зона"

В результате проведенного анализа был предложен следующий вариант реконструкции линии ускоренного охлаждения. Главная задача, поставленная при разработке проекта, была возможность поэтапного внедрения проекта. Каждая стадия внедрения проекта позволяет решить свой круг задач:

1. Реконструкция второго блока линии ускоренного охлаждения, что даст возможность освоить высокопрочный арматурный прокат №№ 10-14 (классы А800 и А1000).
2. Внедрение средств автоматизации, с целью автоматизации процесса

термомеханического упрочнения проката.

3. Изготовление линии ускоренного охлаждения с параллельным расположением камер.

4. Внедрение гибкой линии ускоренного охлаждения по принципу "Телескоп".

Первый этап внедрения проекта заключается в изготовлении узлов ЛУО, обеспечивающих параллельное движение раската в отдельных камерах (рис. 5).

После первого этапа внедрения МС 250-4 будет способен производить арматурный прокат Ø8-16 мм.

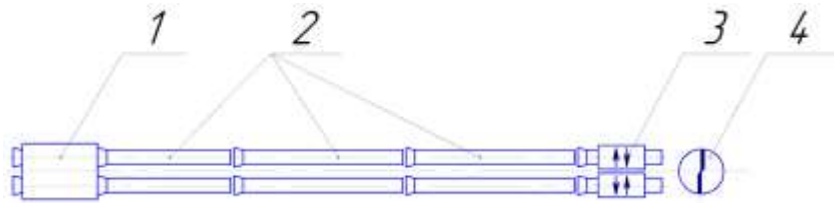


Рис. 5 - ЛУО второй секции первого блока

Предлагаемая линия ускоренного охлаждения

арматурного проката состоит из форсунки (1). Форсунка спаренная, имеет два входа для охлаждаемого проката и два выхода на камеру ускоренного охлаждения для проката и охлаждающей воды. Камеры ускоренного охлаждения (2) располагаются параллельно. Раскат каждой нитки движется по отдельной камере. Узел сброса отработанной воды (3) может передвигаться, за счет чего изменяется длина зоны активного охлаждения (рис. 7). Перемещение осуществляется как дискретно (остановка стана и установка узла сброса в соответствующее положение), так и непрерывно (оперативное изменение длины ЗАО устройством типа "телескоп").

Для того чтобы уйти от недостатка, связанного с наличием «мертвой зоны» (описано выше), предлагается предусмотреть два типа установки узла сброса:

стационарно и "телескопом".

При стационарной установке отсечки мы можем передвинуть ее вплотную к форсунке (самое нижнее положение на рис. 6). Это положение обеспечивает охлаждение горячекатаного проката малых (8, 10 мм) диаметров. Кроме этого важна возможность установки отсечки на максимальную длину для Ø 14, 16 мм.

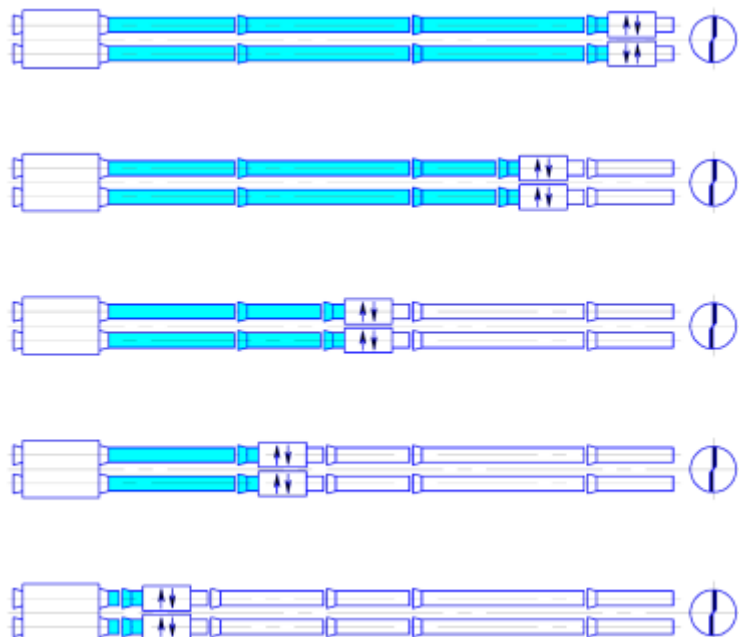


Рис. 6 - Схема изменения степени охлаждения проката в ЛУО второй секции I блока

Для автоматизации процесса изменения длины охлаждения проката производится по принципу «телескопа» в I блоке ЛУО. С целью реализации производства высокопрочной арматуры

классов А800, А1000 предусматривается использовать второй блок ЛУО с охлаждением двух раскатов в одной охлаждающей трубе (рис. 7).

Работы по расчету ЛУО, определение параметров и размеров были произведены в ходе подготовки предложений по организации реконструкции ЛУО МС 250-4.

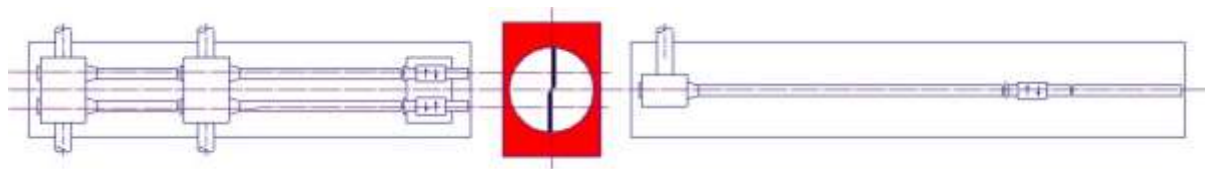


Рис. 7 – Схема ЛУО для получения арматуры класса А800, А1000

Выводы. Таким образом, показана принципиальная возможность оперативного управления процессом термомеханического упрочнения по принципу увеличения длины активного охлаждения.

Список литературы: 1. Григорьев, А. К. Термомеханическое упрочнение стали в заготовительном производстве. [Текст] / А. К. Григорьев, Г. Е. Коджаспиров. – Л.: Машиностроение, 1985. - 143 С. 2. Стародубов, К. Ф. Термическое упрочнение проката. [Текст] / К. Ф. Стародубов, И. Г. Узлов и др. – М.: Металлургия, 1970. - 368 С. 3. Савенков, В. Я. Технологические основы и оборудование для термического упрочнения непрерывнодвижущегося мелкосортного профиля [Текст] / В. Я. Савенков // Упрочняющая термическая и термомеханическая обработка проката. - Вып. 1, Киев. - 1968. - С.7-14. 4. Стародубов, К. Ф. Влияние скорости охлаждения на свойства термически упрочненной арматурной стали [Текст] / К. Ф. Стародубов, В. Я. Савенков, В. И. Спиваков // Термическая обработка проката. - Вып. 36. - М.: Металлургия. – 1970. - С. 9-14. 5. Гуль, Ю.П. Влияние способа термического упрочнения на низкотемпературную прочность стержневой арматурной стали [Текст] / Ю. П. Гуль, А. С. Гулевский, А. П. Ярмоленко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1973. – Вып. 5. - С. 31-32. 6. Бернштейн, М.Л. Термомеханическая обработка стали [Текст] / М. Л. Бернштейн, В. А. Займовский, Л. М. Капуткина. – М.: Металлургия, 1983. - 480 С.

Поступила в редколлегию 25.09.2013

УДК 669.1.002.5:621.78

Модернизация линии ускоренного охлаждения в условиях мелкосортного стана 250-4 ПАО «АМКР» / Лясков В. Г., Мамаев А. В., Гунькин И. А., Мацьшин С. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.26-31. – Бібліогр.: 6 назв.

В статті розглянута пропозиція по реконструкції лінії прискореного охолодження для забезпечення гнучкого керування процесом термомеханічного зміцнення арматурного прокату. **Ключові слова:** реконструкція, лінія прискореного охолодження, гнучке керування, термомеханічне зміцнення, арматурний прокат.

Proposal of reconstruction of line of the accelerated cooling for provision the flexible control of thermomechanical hardening process of rebar is considered in article.

Keywords: reconstruction, a line of the accelerated cooling, flexible control, thermomechanical hardening, rebar.

УДК 621.37/39.029.3

С. В. СОТНИК, канд. техн. наук, ст. преп., ХНУРЕ, Харьков

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

В данной работе предложена математическая модель литниковых систем по трем степеням абстрагирования: теоретико-множественной, логической и количественной, что позволит повысить качество, получаемых методом литья под давлением пластмассовых деталей.

Ключевые слова: литниковые каналы, системы, пластмассы, метод литья, модель.

© С. В. СОТНИК, 2013

Введение. Пластмассы являются высокоэффективными в технологическом, потребительском и, в конечном счете, в экономическом плане материалы. Полученные из пластмасс детали – высококорентабельное производство со сроком окупаемости капиталовложений в пределах одного-трех лет.

Литье под давлением является одним из основных методов переработки пластмасс. Этот метод позволяет изготавливать высококачественные изделия с высокой степенью точности при высокой производительности, а стремительный технический рост, предъявляет высокие требования к качеству деталей, получаемых литьем. Отливки должны иметь регламентированные механические свойства, физические и химические характеристики [1, 2].

Проблема производства качественных деталей была и остается самой важной задачей литейного производства, а существенным образом на качество пластмассовых деталей влияет литниковая система, то проблема разработки системы автоматизации проектирования литниковой системы, является актуальной.

Для создания качественной отливки универсальным и эффективным инструментом стало компьютерное моделирование на базе математических моделей.

Целью работы. Целью работы является моделирование литниковой системы (ЛС) предлагается комплексно осуществить абстрагирование, которое будет выполнено по двум направлениям: глубине структурирования и степени абстрагирования элементов и контуров литниковой системы, а также отношений между ними.

Разработка математической модели. Для создания качественной отливки универсальным и эффективным инструментом стало компьютерное моделирование на базе математических моделей.

При моделировании литниковой системы (ЛС) предлагается комплексно осуществить абстрагирование, которое будет выполнено по двум направлениям: глубине структурирования и степени абстрагирования элементов и контуров литниковой системы, а также отношений между ними.

По глубине структурирования сложную конструкцию литниковой системы предлагается рассматривать либо как неструктурированную систему (представляющую собой единое целое), либо как систему взаимосвязанных элементов одного уровня (уровня системы формообразования), либо как многоуровневую иерархическую систему.

По степени абстрагирования ЛС предлагается моделировать на следующих уровнях: теоретико-множественных (методами теории множеств и теории графов); логических (методами математической логики); количественных свойств и отношений.

На каждом из этих основных уровней возможны описания объекта с различной степенью полноты и обобщения, соответствующие разным уровнями абстрагирования теоретико-множественных, логических и количественных свойств и отношений.

Моделирование состава литниковой системы на теоретико-множественном уровне.

На теоретико-множественном уровне предлагается моделировать состав элементов литниковой системы, которая оказывает значимое влияние в процессе формообразования пластмассовых деталей методом литья под давлением.

Под составом литниковой системы будем подразумевать литниковые каналы

(ЛК) L_c в виде неупорядоченного множества $L_c = \{l_{c1}, l_{c2}, \dots, l_{cn}\}$, $n = 1, \dots, N$, упорядоченного множества $L_c = (l_{c1}, l_{c2}, \dots, l_{cn})$, $n = 1, \dots, N$, состав контуров $F(L_c) = (F_1, F_2, \dots, F_m)$ $m = 1, \dots, M$ технологических режимов процесса литья (ТРЛ) и составы $F(l_{cq}) \subseteq F(L_c)$ контуров элементов ЛС, а также теоретико-

множественные отношения R^s между элементами и контурами – отношения принадлежности элементов или контуров к определенным множествам, отношения иерархической подчиненности, смежности и порядка.

Для литья под давлением к ЛК относятся: центральный литник; разводящий литник; подводящий литник; впускной литник; сопло.

Отношения $R^s(L_c)$ между литниковыми каналами представим как подмножества $[L_c \times L_c]$ декартова произведения $L_c \times L_c$ или в виде булевой матрицы

$$\|k_{i(j)}\|_{L_c} = [L_c \times L_c] = \begin{matrix} & l_{c1} & l_{c2} & \dots & l_{cn} \\ \begin{bmatrix} k_{1(1)} & k_{1(2)} & \dots & k_{1(n)} \\ k_{2(1)} & k_{2(2)} & \dots & k_{2(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n(1)} & k_{n(2)} & \dots & k_{n(n)} \end{bmatrix} & l_{c1} \\ & l_{c2} \\ & \dots \\ & l_{cn} \end{matrix}, \quad (1)$$

где $k_{i(j)}$ – бинарное отношение между l_{ci} и l_{cj} ; l_{ci} – тип литникового канала; l_{cj} – форма сечения литникового канала. $k_{i(j)} = 1$, если отношение существует и $k_{i(j)} = 0$ – в противном случае.

Матрицу (1) можно рассматривать, как матрицу смежности вершин графа $G = (L_c, K)$, дуги которого эквивалентны элементам $k_{i(j)} = 1$ матрицы. Множество K элементов булевой матрицы или дуг графа рассматривается как объект литниковых каналов (ЛК) с составом контуров $F(K)$. Каждая j -тая строка (столбец) матрицы (1) рассматривается как представление бинарного отношения $R^s(l_{cj})$ между l_{cj} и типом ЛК $(l_{c_j1}, l_{c_j2}, \dots, l_{c_jm-1})$, для которых элементы строки (столбца) матрицы равны единице. Под элементами подразумеваются ЛК.

Бинарные отношения $R^s(F(L_c))$ между контурами системы L_c технологических режимов описываются аналогичным образом в виде булевой матрицы $\|k_{i(j)}\|_{F(L_c)} = [F(L_c) \times F(L_c)]$ или в виде графа $G = (F(L_c), K)$.

Бинарные отношения $R^s(L_c, F(L_c))$ описывают составы контуров ЛК $l_{ci} \in L_c$. Эти отношения представляются в виде булевых матриц

$$\|k_{i(j)}\|_{L_c, F(L_c)} = [L_c \times F(L_c)] = \begin{matrix} & F_1 & F_2 & \dots & F_m \\ \begin{bmatrix} k_{1(1)} & k_{1(2)} & \dots & k_{1(m)} \\ k_{2(1)} & k_{2(2)} & \dots & k_{2(m)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n(1)} & k_{n(2)} & \dots & k_{n(m)} \end{bmatrix} & l_{c1} \\ & l_{c2} \\ & \dots \\ & l_{cn} \end{matrix}, \quad (2)$$

где $k_{i(j)} = 1$, если F_j входит в состав $F(L_{ci})$ контуров канала L_{ci} .

Множество $F(L_c)$ контуров ЛС разделяется на подмножества $F^-(L_c)$ заходящих, $F^+(L_c)$ исходящих и $F^0(L_c)$ собственных контуров.

Пусть заходящие контуры $F^-(L_c)$ характеризуют исходные свойства материала формуемой детали, а исходящие контуры $F^+(L_c)$ – свойства материала детали, полученной методом литья под давлением пластмасс.

Подмножество собственных контуров $F^0(L_c)$ характеризует собственные свойства элементов ЛС, обеспечивающие преобразование свойств материала из исходного в конечное состояние.

Следовательно, вместо одной матрицы (2) зададим три матрицы

$$\begin{aligned} \|k_{i(j)}\|_{L_c, F^-(L_c)} &= [L_c \times F^-(L_c)]; \\ \|k_{i(j)}\|_{L_c, F^+(L_c)} &= [L_c \times F^+(L_c)]; \\ \|k_{i(j)}\|_{L_c, F^0(L_c)} &= [L_c \times F^0(L_c)]. \end{aligned} \quad (3)$$

Называемые, соответственно матрицами заходящих, исходящих и собственных контуров литниковых каналов. Связи между заходящими и исходящими контурами ЛС и контурами свойств материала опишем отношениями

$$\forall F_i \in (F^+(L_c) \cap F(D)) [F_i^+(L_c) \equiv F_i(D)]; \quad (4)$$

$$\forall F_j \in (F^-(L_c) \cap F^*(D)) [F_j^-(L_c) \equiv F_j(D)], \quad (5)$$

где $F_i(D)$ – контур пластмассовой детали, который должен получиться в процессе формообразования, заданный при проектировании детали; $F_j \in F^*(D)$ – контур матрицы пресс-формы.

Матрица (6) характеризует связь между исходящими (выходными) и заходящими (входными) контурами ЛС и, как следствие из отношений (4) и (5), – между исходными контурами материала детали и конечными контурами готовой детали.

$$\|k_{i(j)}\|_{F^+(L_c), F^-(L_c)} = [F^+(L_c) \times F^-(L_c)], \quad (6)$$

Связи между характером преобразования контуров $F^*(D)$ в контуры готовой детали и собственными свойствами ЛС раскрываются матрицами

$$\|k_{i(j)}\|_{F^0(L_c), F^-(L_c)} = [F^0(L_c) \times F^-(L_c)] \text{ и } \|k_{i(j)}\|_{F^+(L_c), F^0(L_c)} = [F^+(L_c) \times F^0(L_c)]. \quad (7)$$

В силу отношения (4) матрица (7) может быть заменена матрицей

$$\|k_{i(j)}\|_{F(D), F^0(L_c)} = [F(D) \times F^0(L_c)],$$

отражающей взаимосвязь между контурами $F(D)$ готовой детали и собственными свойствами ЛС.

Контуры ЛС можно не разделять на заходящие, собственные и исходящие. Тогда при совместном описании детали и ЛС их можно характеризовать одними и теми же контурами $F_1(D) = F_1(L_c)$. При этом $F_1(D)$ описывает свойства детали, а $F_1(L_c)$ отражает возможность получения $F_1(D)$ в процессе производства детали методом литья. В последнем случае $F_1(L_c)$ будет характеризовать выходные свойства ЛС, то есть соответствует $F_1^+(L_c)$.

Пусть на логическом уровне каждому множеству, булевой матрице или графу соответствуют наборы логических отношений R^L между входящими в них элементами, представленными в виде логических переменных. Множествам L_c и $F(L_c)$ будут соответствовать:

Логические отношения вида $R_p^T(L_c)$ между объектом (литниковой системой) L_c и входящими в нее каналами

$$L_c = R_p^T(I_{c1}, I_{c2}, \dots, I_{cn}); \quad (8)$$

отношения вида $R_p^T(I_{ci})$ между I_{ci} и другими процессами L_c

$$I_{ci} = R_p^T(I_{ci1}, I_{ci2}, \dots, I_{cin-1}); \quad (9)$$

отношения вида $R_p^T(F(L_c))$ и $R_p^T(F_j(L_c))$ между контурами литниковой системы

$$F(L_c) = R_p^T(F_1, F_2, \dots, F_m); \quad (10)$$

$$F_j(L_c) = R_p^T(F_{j1}, F_{j2}, \dots, F_{jm-1}); \quad (11)$$

отношения вида $R_p^T(F(I_{ci}))$ и $R_p^T(F_j(I_{ci}))$ между контурами каналов

$$F(I_{ci}) = R_p^T(F_1(I_{ci}), F_2(I_{ci}), \dots, F_m(I_{ci})); \quad (12)$$

$$F_j(I_{ci}) = R_p^T(F_{j1}(I_{ci}), F_{j2}(I_{ci}), \dots, F_{jm-1}(I_{ci})). \quad (13)$$

На количественном уровне каждому элементу множества, булевой матрицы или логической переменной можно поставить в соответствие алгебраическую или другую количественную переменную, либо (при конкретных вычислениях) числовую величину, а логические отношения перейдут в количественные (уравнения, неравенства и т. п.).

Переход из логических отношений $R_p^T(F(L_c))$ и $R_p^T(F_j(L_c))$ в количественные $R_p^N(F(L_c))$ и $R_p^N(F_j(L_c))$ представим в виде

$$F(L_c) = R_p^N(F_1, F_2, \dots, F_m); \quad (14)$$

$$F_j(L_c) = R_p^N(F_{j1}, F_{j2}, \dots, F_{jm-1}). \quad (15)$$

Все другие количественные, отношения между элементами и контурами ЛС аналогичны этим четырем видам.

Представим все режимы и свойства ЛС через понятие контура.

На количественном уровне системы моделирования контур F_i опишем множеством параметров, имеющих определенные числовые величины.

На логическом уровне контур F_i представим в виде логической переменной

$$F_i = \begin{cases} 1, \text{ если } \forall m_j \in M_i (\omega_j \subseteq \Delta_j) \\ 0, \text{ если } \exists m_j \in M_j (\omega_j \setminus \Delta_j \neq \emptyset), \end{cases} \quad (16)$$

где m_j – параметр ЛС; ω_j – поле рассеяния погрешностей параметра m_j ; Δ_j – поле допуска погрешности параметра m_j . Если $F_i = 1$, то данный контур F_i рационален.

Выводы. В данной работе промоделированы литниковые системы по степени абстрагирования, которые предложено разделить по трем уровням: теоретико-множественному, логическому и количественному, что позволит повысить качество, получаемых методом литья под давлением пластмассовых деталей, за счет учета особенностей конструкции литниковых каналов и технологических режимов их формирования.

Список литературы: 1. Сотник С. В. Структурно-параметричне моделювання технологічної оснастки [Текст] / С. В. Сотник // Радиоелектроника и молодежь в XXI веке: 13-й Междунар. молодеж. форум. – 2009. – С. 111 2. Henryk Zawistowski. Особенности проектирования и производства литьевых форм [Текст] / Zawistowski Henryk // Полимеры-Деньги. – 2005. – № 4. – С. 5–12.

Поступила в редколлегию 25.09.2013

УДК 621.37/39.029.3

Математическая модель конструктивных элементов литниковой системы /Сотник С. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.31-36 . – Бібліогр.: 2 назв.

У даній роботі запропонована математична модель систем литників по трьом ступеням абстрагування: теоретико-множинною, логічною і кількісною, що дозволить підвищити якість, отримуваних методом литва під тиском пластмасових деталей.

Ключові слова: канали літників, системи, пластмаси, метод литва, модель.

In this work mathematical model of the moulding systems by abstracting degree are presented. Division on to three levels: set-theoretical, logical and quantitative is suggested, this will allow to increase quality, got by the method of casting under constraint plastic details.

Keywords: moulding channels, system, plastics, method of casting, model.

УДК 519.713

С. Л. ХАРЧЕНКО, ст. препод., ХНУРЭ, Харьков,

ЯЗЫК ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В статье рассмотрены вопросы создания модели поведения сложной системы управления на основе применения формального языка проектирования. Это обеспечило визуализацию используемого параллелизма в модели поведения системы управления и показало возможные последовательности действий (трассы) при исполнении. Полученная модель поведения может быть использована при выполнении верификации и валидации управляющей программы системы.

Ключевые слова: модель поведения, процесс, асинхронные параллельные процессы, многопроцессорные системы управления, граф модели поведения.

Введение. Современные требования к системам управления ставят перед разработчиками всё более сложные задачи. Это проявляется в том, что системы управления должны обладать реакцией на динамически изменяющуюся внешнюю среду с учетом внутренних состояний, должны быть соблюдены принципы компонентного проектирования как аппаратной части системы так и специализированного программного обеспечения. В случае использования многопроцессорных систем должно быть реализовано динамическое взаимодействие компонент системы на принципах организации работы асинхронного параллельного или последовательно-параллельного процессов с использованием общих ресурсов системы.

Постановка задачи. Одной из актуальных задач разработки программного обеспечения - есть создание управляющих программ для систем. Из общего перечня работ, выполняемых при решении такой задачи, на ранних этапах проектирования, можно выделить задачу создания модели поведения будущей системы управления. Показатели качества выполнения такой работы могут быть существенно повышены, если при проектировании модели управления применить формальный язык, который позволит визуализировать трассы исполнения, организацию и взаимодействие параллельных процессов, при использовании многопроцессорной системы.

Поэтому, одним из основных требований к языку проектирования модели поведения сложной системы управления будет то, что конструкции языка проектирования модели поведения должны визуализировать трассы исполнения в системе управления, визуализировать возможные варианты параллелизма исполнения и быть пригодными для машинной обработки. Кроме этих требований в языке должна быть реализована возможность применения компонентного подхода, позволяющего поэтапно декомпозировать сложный объект до неделимых элементов или до элементов, находящихся в библиотеке системы проектирования.

Наличие такой модели, на ранних этапах проектирования, позволит выполнить проверку возможности достижения проектируемой системой поставленных целей при соблюдении условий определённых заказчиком.

Процесс в модели поведения. Если мы граф модели поведения обозначим как

P , и в этом графе ребра графа будут обозначать действия, а вершины состояния. В этом случае функционирование модели поведения можно рассматривать как переходы системы по действиям из одного состояния (s_i) в другое. В общем случае модель поведения может быть представлена как множество действий $Act(P)$, которые может выполнить процесс P . Таким образом, для любого процесса

$$Act(P) \subseteq Act$$

где Act множество всех возможных действий.

Выбор множества действий модели поведения зависит от ситуации, для которой некоторое множество действий характерно. Если разделить множество действий на входные $\alpha?$, выходные $\alpha!$ и внутренние τ , т.е. которые не связаны с внешней средой, то можно обозначить бесконечное множество имен объектов процесса ($Names$), которые могут быть введены или выведены. Тогда множество действий можно определить как

$$Act = \{ \alpha? \mid \alpha \in Names \} \cup \{ \alpha! \mid \alpha \in Names \} \cup \{ \tau \}$$

В этом случае процесс в модели поведения может быть определён как

$$P = (S, s^0, R)$$

где S – множество состояний P ;

s^0 – начальное состояние P , $s^0 \in S$;

R – переходы вида (s_1, α, s_2) , а $R \subseteq S \times Act \times S$ подмножество.

А сам процесс P , в модели поведения, можно рассматривать как прохождение множества переходов вида $s^0 \xrightarrow{a^0} s_1 \xrightarrow{a^1} s_2 \dots$ и выполнении действий a^0, a^1, \dots . Такой процесс будет продолжать работу до тех пор пока будет иметься переход из R и прекратит работу при отсутствии такового.

Если определим множество всех действий процесса P как $Act(P)$ из $Act \setminus \{ \tau \}$, т.е.

$$Act(P) \stackrel{def}{=} \{ \alpha \in Act \setminus \{ \tau \} \mid \exists (s_1 \xrightarrow{\alpha} s_2) \in R \}$$

Процесс будет конечным, если множества S и R конечны.

Трассой процесса P будет конечная последовательность a^0, a^1, \dots множества Act , для которой имеется последовательность состояний s_0, s_1, s_2, \dots процесса P . Следует помнить, что s_0 совпадает с s^0 . В этом случае множество всех трасс процесса P модели поведения можно обозначить как $Tr(P)$.

Если из процесса модели поведения удалить все недостижимые состояния и все переходы, в которых присутствуют недостижимые состояния, то получившийся процесс P' (достижимая часть процесса P) будет иметь такое же поведение, как и процесс P , поэтому их можно рассматривать как одинаковые.

При работе с моделью поведения возможны замены состояний в процессе P . Если $s \in S$ мы заменим на произвольное $s' \in S$ и обозначим процесс как P' , который получается из P путем замены s на s' в множествах S и R , то переход вида $s \xrightarrow{\alpha} s_1$ можно заменить на переход вида $s' \xrightarrow{\alpha} s_1$. В этом случае процесс P' будет обладать таким же поведением что и P . Если произвести множественную замену состояний в процессе P , и это рассматривать как замену подмножества состояний процесса, то отображение этого процесса можно представить как $f: S \rightarrow S'$ и результатом будет

$$P' = (S', (s')^0, R')$$

где $(s')^0 \stackrel{def}{=} f(s^0)$;

и для каждой пары $s_1, s_2 \in S$ и $\alpha \in Act$

$$(s_1 \xrightarrow{a} s_2) \in R \iff (f(s_1) \xrightarrow{a} f(s_2)) \in R'$$

В этом случае поведение процессов одинаковое, следовательно, процессы одинаковы.

Операции, которые можно выполнять над процессом в модели поведения.

При рассмотрении процесса моделирования можно прийти к заключению, что над ним может быть выполнено ограниченное количество действий. Теперь рассмотрим те действия, которые могут быть реализованы в модели.

Рассмотрим случай добавления к процессу P префиксного действия. В этом случае к множеству состояний процесса добавляется состояние s , которое является начальным состоянием нового процесса. Это приводит к тому, что к множеству переходов добавляется переход $s \xrightarrow{a} s^0$, а получившийся в этом случае процесс можно назвать как $\alpha.P$.

Если имеется альтернативная композиция, предполагается то, что паре процессов P_1 и P_2 необходимо построить процесс P , который будет функционировать также как P_1 или P_2 . Выбор, какую ветвь будет использовать процесс P , зависит от выбора самого процесса или от выбора внешней среды.

Так, если $P_1 = \alpha?.P_1'$ и $P_2 = \beta?.P_2'$ и окружающая среда может ввести α , но не может ввести β , то P должен выбрать единственно возможное поведение - P_1 . После этого процесс P не может изменить своего решения. Тогда альтернативная композиция выглядит следующим образом

$$P_i = (S_i, s_i^0, R_i) \quad (i = 1, 2)$$

и множество состояний S_1 и S_2 в этом случае не имеют общих элементов.

В этом случае альтернативной композицией будет

$$P_1 + P_2 = (S, s^0, R)$$

где: - S есть $S_1 \cup S_2$, к которому добавляется новое состояние s^0 которое будет начальным для $P_1 + P_2$;

- R содержит все переходы из R_1 и R_2 ;
- для каждого перехода из R_i ($i = 1, 2$) вида $s_i^0 \xrightarrow{a} s$, R содержит переход $s^0 \xrightarrow{a} s$.

Если множества S_1 и S_2 имеют общие элементы, то для процесса $P_1 + P_2$ необходимо заменить в S_2 те элементы, которые входят в S_1 и соответствующим образом выполнить модификацию R_2 и s^0_2 .

Так как модель поведения является сложной системой, то в ней могут использоваться и параллельные композиции из нескольких взаимодействующих компонент. Если рассматривать две системы Sys_1 и Sys_2 (подсистемы), которые являются компонентами одной системы Sys , т.е.

$$Sys \stackrel{def}{=} \{ Sys_1, Sys_2 \},$$

то поведение систем может быть представлено процессами P_1 и P_2 соответственно, а поведение Sys_i ($i = 1, 2$) в составе системы Sys будет представлено соответствующим P_i . Обозначим $\{P_1, P_2\}$ как процесс, который описывает поведение системы. Это можно трактовать как обход графа P , при этом будем рассматривать все переходы из состояния в состояние в графе как мгновенные. Факт выполнения действия, в этом случае, будем фиксировать в момент перехода.

Каждое входное или выходное действие P_i ($i = 1, 2$) представляет собой результат взаимодействия P_i с процессом, не входящим в совокупность $\{P_1, P_2\}$, либо как результат взаимодействия с P_j , где $j \in \{1, 2\} \setminus \{i\}$, либо это внутренне

действие процесса. Если это внутренне действие процесса то P_i ($i = 1,2$) передаёт P_j ($j \in \{1,2\} \setminus \{i\}$) некий объект, а P_j его принимает.

Каждому возможному варианту поведения процесса P_i ($i = 1,2$) можно сопоставить нить (в трактовке ОС UNIX – это процесс, т.е. последовательность операторов), которую можно обозначить как σ_i . Это позволит определить вариант поведения процесса σ_i ($i = 1,2$), для P_i в составе процессов $\{P_1, P_2\}$.

Если обозначить совокупность всех вариантов поведения процессов как $Beh\{P_1, P_2\}$, каждый из которых соответствует одному из вариантов функционирования $\{P_1, P_2\}$, то можно предположить, что процесс $\{P_1, P_2\}$ функционирует последовательно, т.е. что при любом варианте $\{P_1, P_2\}$ образуется линейная упорядоченная последовательность $tr = (act_1, act_2, \dots)$ действий, которые упорядочены по времени выполнения. Если обозначить C как одну из последовательностей, то множество индексов элементов последовательности можно обозначить как $Ind(tr)$, а множество точек как $Points(C)$.

Последовательность tr является линейризацией C , если существует отображение

$$Lin: Points(C) \rightarrow Ind(tr)$$

В этом случае описание процесса $\{P_1, P_2\}$ можно определить как построение P отвечающему условию

$$Tr(P) = \bigcup_{C \in Beh\{P_1, P_2\}} Lin(C)$$

В этом случае в процессе P представлены все линейризации процессов P_1 и P_2 отвечающие любому их совместному поведению.

Если процессы P_1 и P_2 имеют вид $P_i = (S_i, s_i^0, R_i)$ ($i = 1,2$), а tr является трассой (S, s^0, R) процесса, компоненты которого можно определить как

$$\text{- } S = S_1 \times S_2 \stackrel{\text{def}}{=} \{(s_1, s_2) \mid s_1 \in S_1, s_2 \in S_2\}$$

$$\text{- } s^0 \stackrel{\text{def}}{=} (s_1^0, s_2^0)$$

- для каждого перехода $s_1 \xrightarrow{\alpha} s'_1$ и каждого состояния $s \in S_2$ из R_1 . R содержит переход $(s_1, s) \xrightarrow{\alpha} (s'_1, s)$. И для каждого перехода $s_2 \xrightarrow{\alpha} s'_2$ из R_2 и каждого состояния $s \in S_1$, R содержит переход $(s, s_2) \xrightarrow{\alpha} (s, s'_2)$.

Для каждой пары переходов $s_1 \xrightarrow{\alpha} s'_1 \in R_1$ и $s_2 \xrightarrow{\alpha} s'_2 \in R_2$, R содержит переход $(s_1, s_2) \xrightarrow{\tau} (s'_1, s'_2)$.

Можно утверждать, что данный процесс P является параллельной композицией процессов P_1 и P_2 , которую можно обозначить как $P_1 | P_2$.

При работе с параллельными процессами применяются ограничения, которые вытекают из логики функционирования процессов P_1 и P_2 . Если L произвольное подмножество множества $Names$, то в этом случае ограничение по L есть процесс $P|L = (S, s^0, R')$ который получается путем удаления всех переходов имеющих метки с именами из L , т.е.

$$R' \stackrel{\text{def}}{=} \{(s \xrightarrow{\alpha} s') \in R \mid \alpha = \tau, \text{ или } name(\alpha) \in \bar{L}\}$$

Следует помнить и о том, что при работе с параллельными композициями множество состояний процесса P определяется как произведение состояний процессов P_1 и P_2 , входящих в этот процесс.

Так как модель поведения строится на компонентном принципе, это может приводить к многократному использованию одного и того же компонента в модели. Это приводит к тому, что повторяются метки переходов и имена действий. Для разрешения такого рода конфликтов выполняется переименование имен $f : Names \rightarrow Names$ и изменении меток $\alpha?, \alpha!$ на $f(\alpha)?$ и $f(\alpha)!$. Получившийся процесс можно обозначить как $P[f]$.

При не тождественном переименовании, когда изменяются только имена из списка $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ и происходит их отображение в имена β_1, \dots, β_n . В этом случае эквивалентное обозначение процесс имеет вид $P[\beta_1/\alpha_1, \dots, \beta_n/\alpha_n]$ [1].

Трактовка конструкций графа модели поведения. Исходя из того, что мы рассматриваем модель поведения, а это подразумевает работу с такими категориями как состояние системы, действие, событие, переход из одного состояния в другое, условия перехода, последовательность событий, то из графа P можно выделить информационный (J) и управляющий (G) графы. Если сравнивать переходы в графах J, G и переходы в графе описания модели поведения, то можно получить утверждение об их трассовой эквивалентности $Tr(P) = Tr(G) = Tr(J)$, что позволит оперировать каждым из графов при решении специфичных задач создания программного обеспечения.

Так к графу J можно отнести все действия, которые изменяют внутреннее состояние модели поведения. Теперь определим, что подразумевается под термином действие - любая операция, которая производит запись в порт ввода/вывода или выполняет отщепление нового процесса в системе. Следует помнить, что декларации присвоения необходимо относить к операциям изменения внутреннего состояния процесса.

Проведя анализ управляющего графа G , можно выделить несколько моментов. Так, переход из состояния в состояние может быть безусловным или может быть ограничен выполнением некоторого условия. Такое условие влияет на выбор трассы и зависит или от состояния объектов связанных с внутренними или входными действиями. Наиболее удобно условия определяющие выбор трассы записывать над ребром графа. Это существенно улучшит визуализацию условия перехода. Вид такой записи предполагает следующие варианты:

- отсутствие записи над ребром, безусловный переход;
- наличие записи над ребром, переход будет выполнен, если выражение над ребром истинно. Особо надо подчеркнуть, что в графе обязательно должна иметься альтернативная трасса, которая будет реализована в случае невыполнения условия;
- наличие над ребром символа «*» означает, что реализуется безусловное выполнение перехода (используется только в альтернативной конструкции).

Следующую ситуацию в управляющем графе необходимо рассматривать, когда используются многопроцессорные платформы, на которых реализуется параллельные асинхронные процессы. В этом случае необходимо рассматривать параллельные процессы как два или более компонента. Признаком организации параллельных процессов будут служить символы “&&>“, а условием завершения параллелизма будут служить символы “>&&“ или “>||“. Эти конструкции должны быть связаны с состоянием, т.е. с вершиной графа.

Так как условия ветвления и исполнения циклических операторов необходимо реализовывать с учетом выбора наиболее оптимальной конструкции, то на данный момент разработчику рекомендуется указывать наиболее приемлемый оператор

ветвления, например, “>if/case“, который ассоциирован с вершиной графа реализующей входные действия. При отсутствии такого указания интерпретатор будет реализовывать схему «if». Аналогичные правила относятся и к выбору оператора цикла. Если отсутствует явное указание выбирать тип цикла, например “>for/while“, то интерпретатор выберет реализацию конструкции “>while“.

Правила конструирования графа и выполнения надписей. Для удобства чтения граф конструируется слева на право и сверху вниз. Все элементы графа (вершины и рёбра) имеют уникальную маркировку. Так как из одной вершины (состояния) могут выходить несколько рёбер (действий), то порождающая вершина графа тиражируется с указанием признака тиража – «`» в идентификаторе вершины. Аналогичная конструкция возникает и в ситуации, когда несколько рёбер входят в вершину графа. При переносе элементов на «новую строку» идентификаторы вершин повторяются с указанием операции переноса «``».

Относительно надписей на графе процесса. Необходимо выделить несколько типов - это рекомендательные условия выполнения и действия. Их общей характеристикой будет то, что они характеризуются как поток символов, записанных по некоторым правилам. Теперь рассмотрим их по порядку.

Группа рекомендательных надписей относится только к «входным» вершинам графа (состояниям). Их характерной чертой является наличие парного символа «“», как ограничения потока символов. Это «входные» рекомендательные конструкции: “>if“, “>case“, “>for“, “>while“. Если они отсутствуют, как рекомендательные, то интерпретатор обязан ситуативно реализовывать стандартные конструкции if и while.

Существует ещё одна конструкция, которая относится к «входным» - запуск параллельных процессов “&&>“. Эта конструкция является управляющей и предполагает наличие нескольких параллельных процессов. В иных ситуациях использование этой конструкции запрещено. Признаком завершения параллельных процессов в модели поведения служат конструкции “>&&“ и “>||“, которые определяют механизм завершения параллельных процессов. По правилам записи эти конструкции ассоциированы с вершиной графа, для которой реализуется сценарий «переход».

Теперь рассмотрим такой элемент, как условие выполнения. Этот поток символов записывается над ребром графа и предполагает возможность записи любого вида логического выражения, в том числе и составного. Результатом выполнения логического выражения есть получение заключения - «истинно» или «ложь». Такая конструкция наиболее применима в реализации циклического оператора **while** и оператора ветвления **if**.

Но в ситуации, когда используется конструкция **case** необходимо значение переменной сравнивать с шаблоном и по результату сравнения принимается решение о возможности выполнения действия ассоциированного с ребром графа. Так как в этом случае в условии должен находиться «шаблон», то значение переменной, с которым производится сравнение, должно быть определено в операторе case, поэтому полная запись рекомендованной конструкции должна быть представлена как “>case“\$<имя переменной>. Между конструкциями “>case“ и \$<имя переменной> допускаются пробелы, которые игнорируются при разборе строки символов. При записи самих шаблонов необходимо использовать конструкцию “\$<имя переменной>“, причем последним шаблоном в операторе

всегда должен быть шаблон $\$*$. Его исполнение означает отсутствие совпадения всех предыдущих шаблонов со значением, которое хранится в переменной ассоциированной с заданием условия выполнения конструкции **case**.

Рассматривая конструкцию условия для ситуации “>for“, необходимо отметить, что в этом случае задается диапазон изменения значения переменной и правило, по которому циклически изменяется её значение. Поэтому в условии, которое записывается над ребром графа, должна формироваться последовательность групп символов разделенных пробелами или другими специальными символами. Пример формирования такого потока символов:

$\$<имя переменной> = <минимальное значение переменной (константа)>$
 $\$<имя переменной> = \$<имя переменной> <тип операции> \{ \$<имя переменной>$
 $или <константа> \} <максимальное значение переменной (константа)>$

Все элементы текстовой конструкции должны быть разделены пробелами или специальными символами. Следует обратить внимание на такой элемент текстовой конструкции как **<тип операции>**. В этом случае должны рассматриваться только арифметически операции. Для конструкции $\$<имя переменной> = \$<имя переменной> <тип операции> \{ \$<имя переменной> или <константа> \}$ можно использовать и унарные операции с построением соответствующей конструкции.

Следует отметить и особенность использования имен переменных, как в элементах «условие», так и в элементах «действие». Общим признаком имени переменной является символ «\$», находящийся в первой позиции последовательности символов.

Выводы. Проектирование модели поведения системы управления – это первый шаг к созданию системы управления. И если при выполнении этой работы можно сократить количество ошибок «человеческого фактора», то это может произойти только при внедрении в процесс проектирования формального языка с высокой степенью визуализации.

Так как формальная запись созданной модели поведения имеет все признаки скриптового языка программирования, то очевидно, что такое представление модели поведения может быть использовано, на ранних этапах проектирования, для проведения проверки возможности достижения создаваемой системой поставленных целей, при соблюдении условий, которые сформулированы заказчиком.

Получение положительного заключения позволит приступить к следующей фазе реализации проекта – генерации кода управляющей программы по формальному описанию модели поведения системы управления.

Список литературы: 1. А. М. Миронов Теория процессов /Internet ресурс/
<http://www.twirpx.com/file/617525/>

Поступила в редколлегию 20.06.2013

УДК 519.713

Язык проектирования модели поведения сложной системы управления/ Харченко С. Л.
// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.37-44 . – Бібліогр.: 1 назв.

У статті розглянуто питання створення моделі поведінки складної системи керування на засадах формальної мови проектування. Це забезпечило візуалізацію використовуваного паралелізму у моделі поведінки системи керування і показало можливі послідовності дій (траси) при виконанні. Отримана модель поведінки може бути використана при виконанні верифікації та валідації керуючої програми системи.

Ключові слова: модель поведінки, процес, асинхронні паралельні процеси, багатопроекторні системи управління, граф моделі поведінки.

The paper deals with creating a complex pattern of behavior management system based on the use of the formal language of design. Which provided visualization used in the model of concurrency control system behavior and the possibility of action sequences (the track) with the performance. The resulting pattern of behavior may be useful in the verification and validation of the control program of the system.

Keywords: pattern of behavior, a process, asynchronous parallel processes, multi-processor control system, the graph model of behavior.

УДК 004.73

К. В. КОЛЕСНИКОВ, канд. техн. наук, доц., ЧДТУ, Черкаси;

А. Р. КАРАПЕТЯН, аспірант, ЧДТУ, Черкаси;

Т. А. ЦАРЕНКО, студент, ЧДТУ, Черкаси

ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ЗАДАЧ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В МЕРЕЖАХ АДАПТИВНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДАНИХ

Представлені існуючі підходи і методи застосування генетичних алгоритмів для рішення задач багатокритеріальної оптимізації. Розглянуто можливість формалізації багатокритеріальної задачі пошуку оптимальних шляхів у корпоративній комп'ютерній мережі. Проаналізовано обчислювальну складність генетичного алгоритму пошуку оптимальних шляхів на графі.

Ключові слова: маршрутизація, генетичний алгоритм, багатокритеріальна оптимізація, Парето-оптимальність, метод рангів Голдберга, гібридний генетичний алгоритм НАG, пошук оптимального шляху на графі, хромосоми, кросовер, мутація, відбір.

Вступ. Однією з найпоширеніших функціональних задач мережі є задача про знаходження найкоротшого маршруту, а саме пошук шляху між двома визначеними вершинами графа, який відповідає найменшому значенню певного функціонала за визначеним критерієм. Ця задача застосовується у сферах транспорту, маршрутизації, комунікації. Існує низка класичних алгоритмів розв'язання цієї задачі (Беллмана-Форда, Дейкстри, Флойда-Уоршелла, Джонсона) [1,2]. Для зменшення часу виконання цих алгоритмів сформовано ряд їх паралельних версій, що дозволяють підвищити продуктивність роботи поширених алгоритмів маршрутизації.

Для розв'язання задач маршрутизації використовуються класичні алгоритми, переважна кількість яких оперують лише одним параметром оптимізації – вагою (ціною) шляху, що виражає сукупність його адитивних характеристик. Проте, зазвичай, існує декілька параметрів, які характеризують кожну гілку мережі, наприклад, пропускна здатність, затримка, швидкість передачі, навантаження, надійність, які можна поділити на адитивні та неадитивні. Таким чином, у сучасних мережах з'явилась необхідність розв'язання задачі про найкоротші шляхи з кількома критеріями оптимізації. Обчислювальні затрати на розв'язання таких задач експоненційно зростають із ростом розмірності оброблюваних графів. Тому виникає актуальна необхідність формування нових підходів та алгоритмів розв'язання задач пошуку оптимальних шляхів з багатьма критеріями, одним із яких є метод генетичних алгоритмів [3].

© К. В. КОЛЕСНИКОВ, А. Р. КАРАПЕТЯН, Т. А. ЦАРЕНКО, 2013

Постановка задачі багатокритеріальної оптимізації. Більшість розв'язуваних практичних завдань передбачають пошук рішення, що є оптимальним згідно з кількома критеріями. Однак, більшість методів, використовуваних для вирішення цих завдань, використовують єдиний, складовий оптимізаційний критерій. У цьому випадку завдання багатокритеріальної оптимізації зводиться до однієї або декількох задач однокритеріальної оптимізації. Існує величезна різниця між двома цими завданнями. При однокритеріальній оптимізації здійснюється пошук єдиного оптимального рішення. При багатокритеріальної оптимізації здійснюється пошук декількох оптимальних рішень, що дозволяє рівним чином враховувати всі критерії, що оптимізуються. Після завершення оптимізації користувач має можливість вибрати найкраще з його точки зору рішення, яке представляє собою компроміс між декількома суперечливими критеріями. Пошук безлічі рішень при багатокритеріальної оптимізації ґрунтується на концепції Парето-оптимальності.

Основна її ідея полягає у визначенні поняття не домінування для окремих рішень оптимізаційної задачі. Рішення x_1 домінує інше рішення x_2 , якщо одночасно виконуються дві наступні умови:

1) рішення x_1 не гірше рішення x_2 по будь-якому з розглянутих в задачі критеріїв;

2) рішення x_1 суворо краще рішення x_2 принаймні по одному з критеріїв.

Якщо не існує жодного рішення, що задовольняє перерахованим вище умовам, то x_2 є не домінуючим або Парето-оптимальним рішенням багатокритеріальної задачі.

Розглянемо загальний випадок векторної багатокритеріальної задачі.

Знайти

$$\min f(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)]. \quad (1)$$

Тут $x = [x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n]^T$ – вектор рішень, $i = 1, 2, \dots, n$, n – кількість змінних; $x \in X$, де $X \subset R^n$ – множина допустимих рішень; $f_j(x)$ – j -й критерій оцінювання, $j = 1, 2, \dots, k$. Вектор $f(x)$ називається критеріальним вектором, а $f(X) = Y \subset R^k$ – множиною допустимих оцінок, де R^k – критеріальний простір.

Оскільки багатокритеріальна оптимізація полягає в пошуку оптимального рішення, що задовольняє одночасно більш ніж одну цільову функцію, то для знаходження компромісного рішення в багатокритеріальних моделях в теорії оптимізації введено поняття рішення оптимального за Парето, яке відоме також як покращене рішення або не домінуюче рішення. Формальне визначення Парето-оптимального рішення задачі сформульовано наступним чином:

Вектор $x \in X$ називають Парето-оптимальним рішенням задачі (1) тоді і тільки тоді, коли не існує іншого вектора рішень $x^* \in X$ такого, що $f_j(x^*) \leq f_j(x)$ для $j = 1, 2, \dots, k$, причому хоча б для одного j це обмеження виконується строго.

Для вирішення такого виду завдань багатокритеріальної оптимізації розроблені різні методи і підходи, які використовують традиційні техніки оптимізації та пошуку рішень. Одним з таких добре відомих методів є метод, що об'єднує критерії, які оптимізуються в одну цільову функцію з використанням зваженої суми цих

критеріїв, взятих з певними вагами. Інший підхід відомий під назвою «методу функції відстані» (Method of distance functions).

Генетичні алгоритми добре зарекомендували себе в якості методик пошуку у багатьох областях практично при повній відсутності інформації про властивості цільової функції і обмежень. В різних дослідженнях було розроблено декілька методів і підходів використання генетичних алгоритмів для вирішення багатокритеріальної оптимізації.

Вперше ідею використання генетичного алгоритму для вирішення завдань багатокритеріальної оптимізації запропонував у своїх роботах Розенберг, [7]. Однак, у практичній імплементації в біохімічних експериментах він свої ідеї не реалізував. Практичний метод був розроблений 17 роками пізніше Шаффером, [8] і представлений у програмі VEGA (Vector Evaluated Genetic Algorithm). Шаффер модифікував стандартний генетичний алгоритм GENESIS Грефенстита, розроблений для однокритеріальної оптимізації таким чином, щоб можна було його застосувати для вирішення багатокритеріальної оптимізації.

Метод рангів Голдберга заснований на методі приписування рангів Беккера для однокритеріальної оптимізації. Згідно основної концепції оптимальності в сенсі Парето, всі особини в кожній популяції повинні володіти однаковим потенціалом репродукції. Для виконання цієї умови, Голдберг «сортує всі особини за ступенем не домінування», присвоює ранги таким чином: спочатку розглядається вся популяція, визначається безліч не домінуючих рішень в сенсі Парето і всім цим не домінуючим особинам в поточній популяції (вибірці); присвоюється ранг 1 і поміщають їх на чолі списку; потім розглядається інша частина популяції і шукається серед них наступна партія не домінуючих особин; їм присвоюється ранг 2; процес цей повторюється до моменту розгляду та оцінки всіх особин у популяції; припускаючи, що для даної популяції було згенеровано R підпопуляцій і привласнені їм різні ранги, функцію пристосованості можна розрахувати за такою формулою:

$$f(x) = -r(x) + r + 1, \quad (2)$$

де $r(x)$ – ранг популяції не домінуючих рішень x .

При невеликому числі рішень в популяції або при малому розходженні рішень може статися, що число підпопуляцій з різними рангами буде невеликим, що, у свою чергу, може призвести до того, що нові популяцію не будуть переміщатися у напрямку до точки найкращої множини оцінок завдання оптимізації. Щоб уникнути такої ситуації і забезпечити відмінність у рішеннях популяції, метод присвоювання рангів необхідно використовувати спільно з технікою формування ніш і генотипів. Метод присвоювання рангів Парето-оптимальним рішенням характеризується більш високою складністю обчислень, ніж метод селекції Шаффера, тому що для його реалізації необхідно виконати додатково $O(K^2R)$ операцій з метою визначення безлічі рішень в сенсі Парето.

Гібридний генетичний алгоритм НАГ розроблений групою дослідників і запропонований для вирішення багатокритеріальних комбінаторних задач розподілу робіт в багатопроекторних комп'ютерних системах. Незалежно від цих робіт, був розроблений подібний нейронно-еволюційний алгоритм для вирішення проблеми визначення максимального потоку в підвішеному графі, що безперечно підтверджує правильність обраного напрямку досліджень підвищення якості алгоритмів глобальної оптимізації. У дослідженнях використовується головна ідея гібридизації

генетичних алгоритмів і спільне їх використання як з нейронними мережами, так і з вибраними аналітичними методами оптимізації.

У гібридному алгоритмі для знаходження субоптимальних рішень даної проблеми глобальної оптимізації використовується аналітичний метод оптимізації. Ця дія може бути виконано за допомогою нейронної мережі. Такий гібридний нейронно-генетичний алгоритм представлений у публікаціях [5, 6]. У ньому для знаходження субоптимальних рішень даної багатокритеріальної задачі використовується нейронна мережа Хопфілда

Схема генетичного алгоритму. Розглянемо формалізовану задачу пошуку оптимального шляху на графі, в якій задано зважений орієнтований граф $G=(V, E)$, де V – множина вершин, $E \in V \times V$ – множина ребер графа. В загальному випадку існує декілька вагових функцій $\omega_1, \dots, \omega_k : E \rightarrow R$, кожна з яких відповідає певному критерію оптимізації.

Довільний шлях $p = v_i \rightarrow v_j$ складається з послідовності ребер $\langle v_i, v_l \rangle, \dots, \langle v_k, v_j \rangle \in E$ і може бути представлений у вигляді послідовності вершин графа, що належать шляху $p = \langle v_i, v_l, \dots, v_j \rangle$.

Вершини $v_i, v_l, \dots, v_j \in V$, причому кожна вершина входить до шляху лише один раз.

Нехай індекс s відповідає початковій, а d – кінцевим вершинам шуканого шляху $p = v_i \rightarrow v_j$. Визначимо $x_{i,j}$ як:

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{якщо ребро } (i, j) \text{ входить до шляху;} \\ 0 & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Нехай загальна кількість критеріїв оптимізації задачі k . За кожним критерієм можна обчислити певний функціонал (цільову фітнес-функцію), який відповідає якості шляху з точки зору алгоритму маршрутизації і визначається як:

$$C_m(p) = F_m(\omega_m(i, j), x_{i,j}), m = 1..k, (i, j) \in E. \quad (3)$$

Для адитивних характеристик шляху (затримка, довжина), що використовуються як метрики сучасних алгоритмів маршрутизації, F_m є сумою значень вагової функції ребер, які входять до шляху p . Для неадитивних характеристик шляху (пропускна спроможність, надійність, навантаження) функціонал F_m є складною функцією від багатьох параметрів і може враховувати не тільки стан з'єднань, але й стан маршрутизаторів мережі, зміну середовища передачі даних та ін.

Позначимо множину всіх можливих шляхів між вершинами v_s та v_d як P . В загальному випадку задача про найкоротший шлях між двома визначеними вершинами в графі з багатьма критеріями може бути сформульована наступним чином:

$$\min_P C_m(p) = F_m(\omega_m(i, j), x_{i,j}), m = 1..k, (i, j) \in E, \quad (4)$$

$$\sum_{\substack{j=s \\ j \neq i}}^d x_{i,j} - \sum_{\substack{j=s \\ j \neq i}}^d x_{j,i} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i = s, \\ -1, & \text{якщо } i = d, \\ 0 & \text{в іншому випадку,} \end{cases} \quad (5)$$

$$\sum_{\substack{j=s \\ j \neq i}}^d x_{i,j} = \begin{cases} \leq 1, & \text{якщо } i \neq d, \\ 0, & \text{якщо } i = d. \end{cases} \quad (6)$$

Умови (5) та (6) вимагають, щоб шуканий шлях не містив циклів. Умова (4) вимагає, щоб цільова функція за кожним критерієм оптимізації по всіх можливих шляхах $P = v_s \rightarrow v_d \in P$ досягала найменшого значення на шуканому шляху.

До кожного покоління розв'язків (хромосом) застосовуються операції кросоверу та мутації. Імовірність застосування цих операцій до певної хромосоми в запропонованій моделі не залежить від пристосованості моделі і позначають P_c та P_m відповідно. Позначимо порядок покоління генетичного алгоритму індексом n , а кількість поколінь – N . Таким чином, запропоновано модель роботи алгоритму може бути представлена у вигляді наступної схеми:

- 1) ініціалізація алгоритму ($G; \omega_1, \dots, \omega_k : E \rightarrow R; s; d$);
- 2) формування початкового покоління (M);
- 3) поки ($n < N$):
 - вибір $M \cdot P_c$ хромосом, застосування операції кросоверу;
 - вибір $M \cdot P_m$ хромосом, застосування операції мутації;
 - відбір (M хромосом);
- 4) завершення алгоритму, представлення розв'язку.

Розглянемо операцію мутації, що полягає у формуванні випадкового шляху між двома проміжними вершинами шляху $P = v_s \rightarrow v_d$, причому шуканий проміжний шлях не повинен включати вершини основного шляху P . Позначимо вершини, що відповідають точкам мутації m_1 та m_2 . Введемо додаткове позначення V' – множина вершин графа G , що належать проміжним шляхам $v_s \rightarrow m_1$ та $m_2 \rightarrow v_d$. Позначимо також результат мутації шляху P та P_m . Тоді схема операції мутації може бути представлена наступним чином:

- 1) формування V' ($P = v_s \rightarrow v_d; m_1; m_2$);
- 2) $P' = \cup p'; \forall p' = m_1 \rightarrow m_2$;
- 3) для всіх $p' \in P'$:
 - якщо $\exists v \in p'$, що $v \in V'$ тоді: $P' = P' / \{p'\}$;
- 4) вибір випадкового шляху $p' \in P'$;
- 5) $P_m = v_s \rightarrow m_1 \cup p' \cup m_2 \rightarrow v_d$ [4].

У публікації [3] було проведено генетичні операції кросоверу, мутації та відбору. Внаслідок операції кросоверу можливе формування шляхів, що містять цикли. Оскільки такі шляхи не задовольняють умову (5) задачі, їх необхідно відкинути і виключити з множини розв'язків. Тому після операції кросоверу всі хромосоми-нащадки підлягають перевірці на присутність циклів у відповідних їм шляхах на графі. Хромосоми, що не проходять перевірку, відкидаються і не приймають участі в операції відбору.

Як і при операції кросоверу, результат операції мутації також може не задовольняти умову (5) задачі. В цьому випадку, аналогічно попередньому, вводиться операція перевірки результату, а розв'язки, що містять цикли, відкидаються.

Для операції відбору було використано турнірний метод, що не має необхідності обрахунку функції пристосованості в цілому, що значно спрощує саму процедуру відбору. Для порівняння особин в групі достатньо порівняти значення відхилення кожної особини і залишити одну хромосому, відхилення якої в групі є мінімальним [3].

Висновки. В роботі запропоновано генетичний алгоритм для розв'язання задачі оптимізації за багатьма параметрами, проведено теоретичні оцінки складності генетичного алгоритму, узагальнено задачу пошуку найкоротших шляхів на графі з кількома критеріями та сформовано підходи до її формалізації. На основі виконаних досліджень зроблено висновок, що генетичні алгоритми є досить потужним математичним інструментом і можуть з успіхом застосовуватися для вирішення широкого класу прикладних задач, включаючи ті, які важко або навіть взагалі неможливо вирішити іншими методами. Час збіжності таких алгоритмів може змінюватись залежно від необхідної точності та динаміки зміни мережі.

Перспективним напрямком є використання генетичних алгоритмів оптимізації для створення сучасних протоколів маршрутизації, які враховують як характеристики мережевих з'єднань, так і обладнання. Сформовані підходи дозволяють значно спростити (а для деяких окремих випадків є єдиним варіантом) розв'язання задачі маршрутизації у складних комп'ютерних телекомунікаційних системах.

Список літератури: 1. Седжвик, Р. Фундаментальные алгоритмы на С++. Алгоритмы на графах [Текст] / Седжвик, Р. Пер. с англ. – СПб : ООО «ДиаСофтЮП», 2002. — 496 с. 2. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р. Алгоритмы: построение и анализ [Текст] / Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р.. – М.: Центр непрер. математического образования, 2000. – 960 с. 3. Погорілий, С. Д. Генетичний алгоритм розв'язання задачі маршрутизації в мережах [Текст] / С. Д. Погорілий, Р. В. Білоус // Проблеми програмування. – 2010. - №2-3; Спец. вип. – С. 171-178. 4. Білоус, Р. В. Особливості прикладного застосування генетичного алгоритму пошуку оптимальних шляхів на графі [Текст] / Р. В. Білоус, С. Д. Погорілий // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. – 2010. – Т. 12, № 2. – С. 81-87. 5. Сетлак, Г. Решение задач многокритериальной оптимизации с использованием генетических алгоритмов [Текст] // System Research and Information Technologies. Kiev: IASA National Academy of Sciences and Ministry of Education and Science Ukraine. 2002. № 3. Р. 32-42. 6. Колесніков, К. В. Методи адаптивної і нейромережевої маршрутизації пакетів даних в мультиагентних комунікаційних системах [Текст] / Колесніков К. В., Кулинич Е. В. // Черкаси, Вісник ЧДТУ.- 2008.- №2, с.5-8. 7. Rosenberg, R. S. Simulation of genetic populations with biochemical properties, Mathematical Biosciences. 7. — Р. 223–257. 8. Schaffer, J. D. Multiple objective optimization with vector evaluated genetic algorithm // J.J. Grefenstete (Kd.): Genetic Algorithms and Their Applications. Proc. of the First Int. Conf. on Genetic Algorithms, Hillsdale, NJ: L. Erlbaum. — 1985. — Р. 93–100.

Надійшла до редколегії 08.09.2013

УДК 004.73

Генетичні алгоритми для задач багатокритеріальної оптимізації в мережах адаптивної маршрутизації даних/ Колесніков К. В., Карапетян А. Р., Царенко Т. А // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.44-50 . – Бібліогр.: 8 назв.

Представлены существующие подходы и методы применения генетических алгоритмов для решения задач многокритериальной оптимизации. Рассмотрена возможность формализации

многокритериальной задачи поиска оптимальных путей в корпоративной компьютерной сети. Проанализирована вычислительная сложность генетического алгоритма поиска оптимальных путей на графе.

Ключевые слова: маршрутизация, генетический алгоритм, многокритериальная оптимизация, Парето-оптимальность, метод рангов Голдберга, гибридный генетический алгоритм HAG, поиск оптимального пути на графе, хромосомы, кроссовер, мутация, отбор.

Presented existing approaches and methods for applying genetic algorithms to solve multi-objective optimization problems. The possibility of formalizing multiobjective optimal paths in the corporate computer network. Computational complexity analysis of the genetic algorithm search for the best ways to graph.

Keywords: routing, genetic algorithm, multicriteria optimization, Pareto-optimality, the method ranks Goldberg, a hybrid genetic algorithm HAG, find the optimal path on the graph, chromosomes, crossover, mutation, selection.

УДК 004.73

К. В. КОЛЕСНИКОВ, канд. техн. наук, доц., ЧГТУ, Черкассы;

А. Р. КАРАПЕТЯН, аспирант, ЧГТУ, Черкассы;

О. Г. НИКУЛИН, студент, ЧГТУ, Черкассы

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА В СЕТЯХ С АДАПТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИЕЙ ПАКЕТОВ ДАННЫХ

Представлены существующие методы применения моделей, построенных на основе нейронной сети Хопфилда, для определения оптимального маршрута. Рассмотрена возможность использования нейронных сетей Хопфилда в сетях с адаптивной маршрутизацией. Проанализирована вычислительная сложность при использовании функции энергии для активации нейронной сети.

Ключевые слова: маршрутизация, нейронные сети, сети Хопфилда, адаптивная маршрутизация, функция энергии

Введение. В телекоммуникационных системах искусственные нейросети находят применение при решении следующих задач [1]: управление коммутацией, адаптивная маршрутизация, управление трафиком, оптимальное распределение загрузки каналов сети.

Адаптивная маршрутизация является одной из важнейших задач для телекоммуникационных сетей различного назначения. Задачи, связанные с выбором маршрута и с планированием работы маршрутизаторов, относятся к классу комбинаторно-оптимизационных задач, не имеющих простых аналитических решений. Для решения таких задач можно использовать модели, построенные на основе нейронной сети Хопфилда; большинство существующих работ в этой области базируются на таких моделях [2].

Постановка задачи. Применительно к классической задаче коммивояжера, проблема формулируется следующим образом [3]: для некоторой группы городов, с известными расстояниями между ними, требуется найти кратчайший маршрут разового посещения каждого города с возвратом в исходную точку.

Обозначим города, которые необходимо посетить, буквами A, B, C, \dots , а расстояния – $d_{AB}, d_{AC}, \dots, d_{BC}, \dots$. Решением является упорядоченное множество из n

городов. Последовательность, в которой совершается посещения города, удобно представлять матрицей $n \times n$, строки которой соответствуют городам, а столбцы – номерам городов в последовательности. Например, имеется пять городов А, В, С, D, Е, а последовательность обхода этих городов задана матрицей.

$$\begin{array}{c|ccccc}
 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\
 \hline
 \text{А} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 \text{В} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 \text{С} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \text{D} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 \text{Е} & 0 & 0 & 1 & 0 & 0
 \end{array} \quad (1)$$

Таким образом, город С посещается первым, город А – вторым, и т. д. Длина маршрута равна $d_{CA} + d_{AE} + \dots + d_{DC}$. В каждом столбце и в каждой строке этой матрицы может быть только одна единица, так как в каждый момент посещается только один город и каждый город посещается только один раз. Матрицу вида (1) можно воспринимать как состояние нейронной сети (НС) из $N = n^2$ нейронов. Задача состоит в том, чтобы из $n!/2n$ маршрутов выбрать один с наименьшей длиной. Состояние каждого нейрона описывается двумя индексами, которые соответствуют городу и порядковому номеру его посещения в маршруте. Например, $Y_{xj} = 1$ показывает, что город x был j -м по порядку городом маршрута.

Для решения данной задачи составляется функция энергии для нейронной сети, предназначенной для решения задачи коммивояжера. Пусть состояние с наименьшей энергией соответствует самому короткому маршруту. В общем виде, такая функция для рассматриваемой нейронной сети может иметь следующий вид [2]:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_i \sum_j w_{ij} Y_i Y_j - \sum_j I_j Y_j - \sum_j T_j Y_j, \quad (2)$$

где E – искусственная энергия сети, w_{ij} – вес от входа нейрона i к входу нейрона j , Y_j – выход нейрона j , I_j – внешний вход нейрона j , T_j – порог нейрона j .

Изменение энергии, вызванное изменением состояния j -нейрона, можно вычислить следующим образом, [2]:

$$\delta E = \left(\sum_i (w_{ij} Y_i) + I_j - T_j \right) \delta Y_j, \quad (3)$$

где δY_j – изменение выхода j -го нейрона.

Устойчивое состояние имеет меньшую энергию, чем неустойчивое. Развитие системы во времени – нахождение из множества состояний такого, в котором энергия достигнет минимального значения.

Однако, для рассматриваемой системы функция энергии должна удовлетворять следующим требованиям [4]. Во-первых, она должна поддерживать устойчивые состояния в форме матрицы (1). Во-вторых, из всех возможных решений функция энергии должна поддерживать те, которые соответствуют коротким маршрутам.

Этим требованиям удовлетворяет функция энергии вида (при этом, $Y_{xj} = 0, 1$)

$$\begin{aligned}
 E = & \frac{A}{2} \sum_x \sum_i \sum_{j \neq 1} Y_{xi} Y_{xj} + \frac{B}{2} \sum_i \sum_x \sum_{k \neq 1} Y_{xi} Y_{ki} + \frac{C}{2} \left(\sum_x \sum_i Y_{xi} - n \right)^2 + \\
 & \frac{D}{2} \sum_x \sum_{k \neq x} \sum_i d_{xk} Y_{xi} (Y_{k,i+1} + Y_{k,i-1})
 \end{aligned} \quad (4)$$

Первые три члена выражения (4) поддерживают первое требование, четвертый член – второе; A, B, C, D – положительные множители. Первый член равен нулю, если каждая строка x содержит не больше одной единицы. Второй член равен нулю, если каждый столбец содержит не более одной единицы. Третий член равен нулю, если в матрице вида (1) n единиц. Таким образом, без учета четвертого члена функция энергии имеет минимумы ($E = 0$) во всех состояниях, представленных матрицей с одной единицей в каждом столбце и каждой строке. Все другие состояния имеют большее значение энергии. Короткие маршруты поддерживает четвертый член. В нем индексы i берутся по $\text{mod } n$, для того чтобы показать, что i -й город соседствует в маршруте с $(n - 1)$ -м и первым, т. е. $Y_{kn+j} = Y_{kj}$. Четвертый член численно равен длине маршрута.

Раскрывая скобки в (4) и приравнявая коэффициенты при квадратичных и линейных членах в полученном выражении и общей формуле энергии, определим матрицу связей и внешние взаимодействия:

$$w_{xi,kj} = -A\delta_{xk}(1-\delta_{ij}) - B\delta_{ij}(1-\delta_{xk}) - C - Dd_{xk}(\delta_{j,i+1} + \delta_{j,i-1}), \quad (5)$$

где, $\delta_{ij} = 1$, если $i = j$, в противном случае $\delta_{ij} = 0$. Кроме того, каждый нейрон имеет смешанный вес $I_{xi} = Cn$.

Первый член в (5) задает связи нейронов в каждой строке, второй – внутри каждого столбца, третий и четвертый задают глобальные связи. И в (4), и в (5), три первых члена отвечают за общие ограничения для любой задачи коммивояжера и приводят нейронную сеть в устойчивое состояние. Четвертый член управляет тем, какое из $n!/2n$ возможных различных финальных состояний соответствует самому короткому маршруту.

Рассмотрим вариант совместного решения задачи маршрутизации. Важность взаимосвязи между маршрутизацией и планированием последовательности выбора направления для передачи по используемым каналам связи показана в [5]. При этом выбор маршрутов, увеличивающих до максимального степень узла в сети, позволяет спланировать работу так, чтобы время ее выполнения было минимальным. Степень узла для этого случая определяется как сумма всех потоков, поступающих и исходящих от узла. При этом, критерий качества работы, выбираемый для задачи маршрутизации, должен отражать цели, связанные с соответствующей задачей составления плана работы каналов связи.

Пусть заданы: граф связности сети, ряд пар N_{sd} – исходная точка – пункт назначения (SD) и ряд каналов связи, соединяющих каждую пару SD, которая состоит из нескольких узлов и каналов связи, соединяющих эти узлы. Полагаем, что интенсивность трафика в такой сети равна одному пакету на цикл передачи. При приближении к ЧНН (часу наибольшей нагрузки) нагрузка на узлы извне резко возрастает, а внутри сети имеются маршруты, по которым может быть распределен входящий трафик. Требуется выбрать маршрут между парой источник – приемник с таким расчетом, чтобы минимизировать критерий качества работы.

Показатель качества работы должен согласовываться со структурой нейронной сети Хопфилда. По аналогии с вышерассмотренной моделью, показатель, называемый “энергией перегрузки” задается формулой, [5]:

$$E_b = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_{SD}} \sum_{k=1, k \neq i}^{N_{SD}} \sum_{j=1}^{N_p(i)} \sum_{k=1}^{N_p(k)} |P_{ij} \cap P_{kl}| V_{ij} V_{kl} \quad (6)$$

где P_{ij} – j -ый маршрут между i -ой парой источник – приемник,

$|P_{ij} \cap P_{kl}|$ – число узлов, которые совместно используют маршруты P_{ij} и P_{kl} ,

V – выходное напряжение нейронов;

$N_p(i)$ – число вариантов маршрутов, определенных между i -ой парой источник – приемник (ИП).

$$V_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если выбирается } P_{ij} \\ 0, & \text{если не выбирается } P_{ij} \end{cases}$$

Цель состоит в минимизации E_b с учетом того, что для каждой пары SD выбирается только один маршрут (т. е., $V_{ij} = 1$ для единственного значения j для каждого значения i). В этом случае энергия перегрузки соответствует сумме числа общих узлов всех выбранных маршрутов (по одной для каждой SD пары), взятых попарно.

Рассмотрим модель НС Хопфилда, используемую в этом случае для выбора маршрута между несколькими SD парами в сети. Выходные напряжения нейронов (которые и определяют их состояния) такой НС приближаются к двоичным значениям по мере перехода сети к состоянию устойчивого равновесия с минимальной "энергией". Соединения между нейронами i и j описываются весом T_{ij} , который положителен при возбуждающем соединении и отрицателен при запрещающем соединении. В рассматриваемой модели НС для каждого маршрута между каждой SD парой определяется один нейрон.

НС эволюционирует от некоего начального состояния до состояния равновесия, которое отображает минимум функции энергии Ляпунова, которая по аналогии с (2) может быть записана через веса соединений, токи смещения и напряжения на выходах нейронов следующим образом [6]:

$$E_{total} = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_{ИП}} \sum_{k=1}^{N_{ИП}} \sum_{j=1}^{N_p(i)} \sum_{l=1}^{N_p(l)} T_{ij,kl} V_{ij} V_{kl} - \sum_{i=1}^{N_{ИП}} \sum_{j=1}^{N_p(i)} V_{ij} I_{ij} \quad (7)$$

В выражении (7), целевая функция, моделируемая с помощью НС Хопфилда, включает взвешенные суммы произведений пар выходных напряжений нейронов и выходных напряжений, взятых по отдельности. $T_{ij,kl}$ – вес соединения между нейронами ij и kl , – ток смещения, прикладываемый к нейрону ij , $N_p(i)$ – число маршрутов SD. В рассматриваемой модели веса соединений являются симметричными, (т.е. $T_{ij,kl} = T_{kl,ij}$). Эта симметрия гарантирует сходимость к устойчивому состоянию [6]. Общее число нейронов N задается как $N = \sum_{i=1}^{N_{SD}} N_p(i)$. Следовательно, веса соединений $T_{ij,kl}$ являются элементами матрицы размерности $N \times N$.

При выборе E_b вида (6) предполагалось, что оценивается энергия перегрузки сети в допустимом состоянии, т. е. активируется только один маршрут для каждой SD пары (т. е. $V_{ij} = 1$ для единственного значения j для каждого значения i , а остальные значения $V_{ij} = 0$). Однако до достижения сходимости величины V_{ij} принимают значения в континууме $[0, 1]$ и выражение для энергии перегрузки, определяемое с помощью выражения (6), которое применимо в полной мере только для аналоговой реализации системы.[6]

Рассматриваемая задача оптимизации с целым рядом ограничений может быть сведена к задаче без ограничений посредством использования множителей Лагранжа [6]. Функция энергии перегрузки при этом приобретает следующий вид:

$$E_{total} = bE_b + \sum_{c=1}^3 \lambda_c E_c - I \sum_{i=1}^{N_{SD}} \sum_{j=1}^{N_p(i)} V_{ij} \quad (8)$$

Ограничения для задачи являются соответствующими членами уравнения энергии перегрузки E_c (равны нулю, если ограничение выполняется) и формулируются так:

- на SD пару активизируется не более одного маршрута;
- в сети выбираются строго NSD маршрутов;
- на SD пару выбирается строго один маршрут.

Хотя последнее ограничение представляется избыточным (выполнение первых двух гарантирует удовлетворение последнего), его включение в уравнение энергии способствует более быстрой сходимости.

Подстановка выражений для E_b и E_c в (8) дает:

$$E_b = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_{SD}} \sum_{k=1, k \neq i}^{N_{SD}} \sum_{j=1}^{N_p(i)} \sum_{k=1}^{N_p(k)} |P_{ij} \cap P_{kl}| V_{ij} V_{kl} + \frac{\lambda_1}{2} \sum_{i=1}^{N_{SD}} \sum_{j=1}^{N_p(i)} \sum_{i=1, i \neq j}^{N_p(i)} V_{ij} V_{il} + \frac{\lambda_2}{2} \left(\sum_{i=1}^{N_{SD}} \sum_{j=1}^{N_p(i)} V_{ij} - N_{SD} \right)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_{SD}} \left(\sum_{j=1}^{N_p(i)} V_{ij} - 1 \right)^2 + \frac{\lambda_3}{2} \sum_{i=1}^{N_{SD}} \left(\sum_{j=1}^{N_p(i)} V_{ij} - 1 \right)^2 - 1 \sum_{i=1}^{N_{SD}} \sum_{j=1}^{N_p(i)} V_{ij}. \quad (9)$$

Одним из самых важных вопросов при разработке модели НС Хопфилда и дальнейшем моделировании работы системы является вопрос выбора коэффициентов λ_c . Фактически, любые значения λ_c приведут к получению справедливых выражений для E_{total} . Однако, при эволюции системы может быть гарантирован только локальный минимум, то есть конечное состояние зависит от исходного состояния, с которого начинается эволюция системы. В большинстве исследований, посвященных использованию НС Хопфилда, величины коэффициентов полагаются постоянными, лучшие значения которых обычно определяются в ходе испытаний при программном моделировании. Однако, существует ряд подходов, позволяющих во всей полноте использовать метод множителей Лагранжа. В этом случае величины λ_c изменяются по мере изменения состояния системы [6].

Оценить качество решения задачи обычно не представляется возможным, так как число возможных решений для больших сетей очень велико. Например, для 100-узловой сети существует приблизительно $5 \cdot 10^{35}$ различных решений. Поскольку исчерпывающий поиск для такой сети исключен, то при моделировании выполнялся случайный поиск $2 \cdot 10^6$ выборок решений для получения опорного уровня качества для оценки работы НС [5]. Наилучшее решение, полученное с помощью случайного поиска, имело энергию перегрузки. Тот факт, что глобальный минимум находится не всегда, нивелируется тем обстоятельством, что возможно осуществить несколько испытаний с различными начальными условиями.

Выводы. В работе предложено использование нейронных сетей для поиска оптимального маршрута в сетях с адаптивной маршрутизацией. На основе выполненных исследований сделан вывод, что нейронные сети являются достаточно мощным математическим инструментом и могут с успехом применяться для решения подобных задач, включая те, которые трудно или невозможно решить другими методами. Время сходимости такого алгоритма может изменяться в зависимости от требуемой точности и динамики изменения сети. Описанные концепции могут быть использованы для создания современных протоколов

маршрутизации, которые учитывают, как характеристики сетевых соединений, так и оборудования. Сформированные подходы позволяют значительно упростить решения задачи маршрутизации в сложных компьютерных телекоммуникационных системах.

Многочисленные работы, посвященные использованию НС при решении задачи маршрутизации, и близость получаемых результатов к оптимальным, свидетельствуют о робастности таких моделей.

Список литературы: 1. *Галушкин, А. И.* Нейрокомпьютеры в разработке военной техники США – Зарубежная радиоэлектроника, 1995. №6, стр. 4-21. 2. *Комашинский В. И., Смирнов Д. А.* Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. М.: Горячая линия – Телеком, 2003. 3. *Уоссерман Ф.* Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. - М.: Мир, 1990. 4. *Hajek B., Sasaki G.* Sceduling in Polynomial Time IEEE Trans. Inform. Theory. Sept. 1998. vol. 34, pp. 910-917. 5. *Wieselthier J. E., Barnhart C. M., Ephermides A.* A Neural Networks Approach to Routing Without Interference in Multihop Networks IEEE Transactions on Comm., 1994, vol.42, no.1, pp166-177. 6. *Колесніков К. В., Карапетян А. Р., Кравченко О. В.* Застосування нейронних мереж Хопфілда до задач адаптивної маршрутизації даних в телекомунікаціях // "Автоматика-2010", Том 2, Харків: ХНУРЕ, с.168-169.

Поступила в редколлегию 03.09.2013

УДК 004.73

Використання нейромережевих моделей для визначення оптимального маршруту в мережах з адаптивною маршрутизацією пакетів даних / Колесніков К. В., Карапетян А. Р., Нікулін О. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.50-55 . – Бібліогр.: 6 назв.

Представлені існуючі методи застосування моделей, побудованих на основі нейронної мережі Хопфілда, для визначення оптимального маршруту. Розглянуто можливість використання нейронних мереж Хопфілда в мережах з адаптивною маршрутизацією. Проаналізовано обчислювальна складність при використанні функції енергії для активації нейронної мережі.

Ключові слова: маршрутизація, нейронні мережі, мережі Хопфілда, адаптивна маршрутизація, функція енергії, пошук оптимального шляху на графі. Бібліогр

Existing methods of application models based on Hopfield neural network are presented in the paper. The possibility of using Hopfield neural networks in networks with adaptive routing is examined. The computational complexity when using the activation energy for the neural network is analyzed.

Keywords: routing, neural networks, Hopfield networks, adaptive routing, a function of energy, the search for an optimal path in the graph.

УДК 656.11

П. Ф. ГОРБАЧЕВ, д-р техн. наук, проф., ХНАДУ, Харьков;
А. С. КОЛИЙ, аспирант, ХНАДУ, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕМКОСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ РАЙОНОВ ПРИБЫТИЯ И ОТПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ХАРЬКОВА

Представлена методика определения сбалансированной емкости транспортных районов центральной части города по прибытию и отправлению автомобилей за счет включения в расчет количества автомобилей которые осуществляют движение по транспортной сети.

Ключевые слова: транспортные районы, матрица корреспонденций, емкости, центр города, транспортные потоки, транспортная сеть.

© П. Ф. ГОРБАЧЕВ, А. С. КОЛИЙ, 2013

Введение. Не смотря на то, что в Украине уровень автомобилизации отстает от показателей европейских стран, но уже сегодня необходимо искать инструменты для решения проблем с которыми могут столкнуться участники дорожного движения в ближайшее время. Нарастающая автомобилизация страны требует системных мер, направленных на максимизацию ее преимуществ, при минимизации ее негативных последствий

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Исходной информацией для расчета матрицы корреспонденций является объем отправления и прибытия автомобилей в каждом районе. При этом необходимым является выполнение условия равенства общего количества прибывающих и убывающих автомобилей [1]

$$\sum_{i=1}^n D_i = \sum_{j=1}^m A_j , \quad (1)$$

где D_i , A_j – количество отправок и прибытий автомобилей в транспортные районы (ТР), ед.; n , m – количество транспортных районов.

Следует отметить, что на практике условие (1) трудно выполнимо из-за особенностей проведения натуральных наблюдений и динамической структуры объекта исследования при которой каждое передвижение начинается и заканчивается в разное время. При этом исходные данные, которые не удовлетворяют условию (1), обычно корректируются с помощью постоянных коэффициентов [2]. Корректировка исходных данных таким способом не позволяет выявить истинные причины возникновения дисбаланса, что не дает возможности обоснованно их устранить. Исходной информацией для расчета матрицы корреспонденций для данных моделей является объем отправления и прибытия автомобилей в каждом районе. При этом необходимым является выполнение условия равенства общего количества прибывающих и убывающих автомобилей [1]

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка методики балансировки емкостей прибытия и отправления автомобилей в транспортных районах с учетом динамических процессов в транспортной системе на примере центральной части Харькова. Объектом исследования был выбран процесс перемещения и парковки автомобилей в центральной части города на примере Харькова.

Определение емкостей прибытия и отправления автомобилей. Территория центральной части г. Харьков имеет уникальное географическое расположение, при котором ее границы очень четко отделены береговой линией рек Лопань и Харьков, а также Саржинным Яром и Журавлевским спуском и составляет 12,25 км² (3,5% от общей площади территории города). Такое расположение значительно упрощает контроль за прибытием и убытием автомобилей в центральной части города (ЦЧГ), так как большинство таких передвижений осуществляется через мосты выше указанных рек. Для определения емкостей ТР, центральная часть города Харькова была разделена на 15 внутренних (центральных) районов (ВТР). 15 мест соединения ЦЧГ и периферии города (ПТР) [3]. Следует отметить, что ПТР в данной работе характеризуются точками обмена транспортными средствами между ЦЧГ и периферией города в целом.

Определение емкостей ТР по прибытию и отправлению автомобилей выполнялось в два этапа. На первом этапе была собрана статистическая информация о плотности стоянки автомобилей, интенсивности прибытия и отправления

автомобилей к местам парковки. На втором этапе на основании проведенного имитационного эксперимента и полученных закономерностей статистических величин был определен спрос на передвижения для каждого центрального транспортного района. [4, 5].

Отдельно были определены емкости ПТР. Для этого были установлены посты наблюдения на основных въездах в ЦЧГ, в которых учетчики фиксировали интенсивность прибытия и убытия автомобилей в центр города [3]. Суммарные значения емкостей центральных и периферийных ТР представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Суммарные емкости отправления и прибытия автомобилей

ТР отправления авт/период	ТР прибытия авт/период		Емкости отправления, $D_{d,s}$
	A_d	A_s	
D_d	h_{dd}	h_{ds}	10669
D_s	h_{sd}	h_{ss}	28099
Емкости прибытия, $A_{d,s}$	14423	23103	38768
			37526

* d - индекс центральных районов, s - индекс периферийных районов

Из табл. 1 видно, что количество отправлений автомобилей превышает количество прибытий на 1242 ед., или 3%. Такие значительные расхождения обусловлены высокой интенсивностью обмена автомобилями с периферией города, что свидетельствует о необходимости проведения корректировки емкостей ТР.

Корректировка емкостей прибытия и отправления автомобилей в транспортных районах ЦЧГ Харькова. Существующие подходы к корректировке неравенства суммарных емкостей ТР в общем случае предполагает изменение одной или обеих емкостей до достижения их равенства. Однако обоснованных указаний для корректировки емкостей в современной науке нет.

Чтобы их сформулировать необходимо определить причины возникновения дисбаланса. К ним можно отнести:

- системные - объект исследования имеет сложную динамическую структуру, для которой характерна непрерывность и стохастичность процесса перемещения автомобилей в течении дня (то есть прибытие и убытие автомобилей осуществляется в разное время), что приводит к постоянно изменяющимся результатам моделирования;

- технологические - при проведении натуральных наблюдений могут возникать ошибки и погрешности, связанные с технологией проведения замеров, точностью технических средств измерения и человеческим фактором;

- организационные - проведение натуральных наблюдений разными методами приводит к получению разнотипной статистической информации, зачастую относящуюся к разным периодам времени, что не позволяет охватить всех состояний объекта.

Технологические и организационные причины возникновения дисбаланса емкостей обычно вызваны стремлением упростить проведение исследований и снизить затраты на их реализацию, чего при достаточных ресурсах можно избежать. Системные причины обусловлены динамической структурой самого объекта исследования, в котором процесс перемещения автомобилей характеризуется изменением положения во времени и пространстве. Такая особенность предполагает

невозможность проследить за маршрутом движения каждого автомобиля в городе. Поэтому исследователи вынуждены проводить наблюдение за тремя событиями: отправлением, движением и прибытием автомобиля. При этом маршрут движения автомобилей остается неизвестным.

Такой дисбаланс особенно заметен, если натурные наблюдения проводятся неполные сутки, что при достаточно большом объекте исследования является единственно возможным методом получения информации о транспортном потоке. При такой форме проведения исследования полная фиксация всех трех событий (отправление, движение и прибытие) происходит лишь в том случае, если все три события совершены автомобилем в промежутке между началом и окончанием натурных наблюдений. Но в общем случае существуют и такие автомобили которые начали движение до начала проведения натурных наблюдений, а закончили свое движение уже в процессе проведения наблюдений учетчиком. В результате учетчик может зафиксировать только прибытие этого автомобиля. В противоположной ситуации происходит, если автомобиль начал движение на этапе проведения наблюдений, а закончил после их окончания. В этом случае не фиксируется прибытие автомобиля. При этом и те и другие автомобили в момент начала и окончания обследований находились на УДС ЦЧГ.

В свою очередь, если бы $D_n \approx A_n$, где D_n - количество убывающих автомобилей не учтенных учетчиком; A_n - количество прибывающих автомобилей которые не будут зафиксированы, то в этом случае существенного дисбаланса между прибытием и убытием автомобилей в транспортных районах не возникало.

В результате разница между суммами емкостей ТР по прибытию и отправлению сводится к разности количества автомобилей, которые находились на улично-дорожной сети (УДС) ЦЧГ в момент начала и окончания натурных обследований.

$$|A_n - D_n| = \Delta. \quad (2)$$

Количества автомобилей на УДС ЦЧГ можно определить, как произведение средней плотности транспортных средств на протяженность транспортной сети ЦЧГ.

$$D_n = p_a \cdot L_{ц}, \quad A_n = p_d \cdot L_{ц}, \quad (3)$$

где p_a, p_d – средняя плотность автомобилей на УДС ЦЧГ, авт/км; $L_{ц}$ – протяженность полос УДС ЦЧГ, км.

Средняя плотность транспортных средств ρ , определялась на основе подсчета длины очереди автомобилей перед регулируемыми перекрестками. Для этого была проведена серия видео-наблюдений в разных точках ЦЧГ. Так как период моделирования емкостей

внешних и внутренних ТР для данной работы составляет два часа утреннего часа пик с 8⁰⁰ до 10⁰⁰, то для определения плотности автомобилей на сети наблюдения проводились для отправления p_a с 7⁵⁰ до 8¹⁰, а для прибытия p_d с 9⁵⁰ до 10¹⁰. Результаты исследований представлены на рис.

Из рисунка видно, что

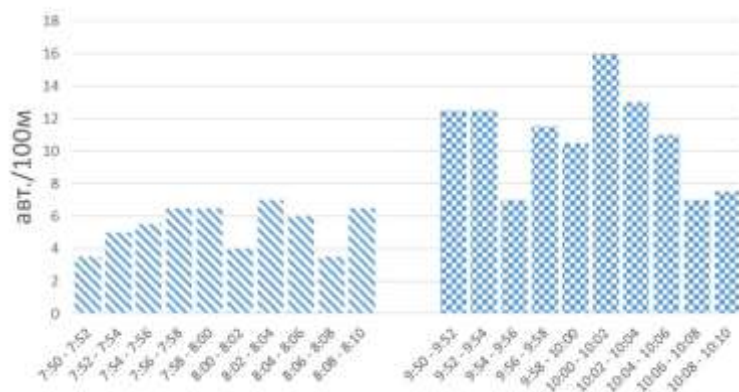


Рис. - Гистограмма плотности автомобилей на сети

плотность автомобилей в начале и конце проведения натуральных наблюдений различна, что в свою очередь объясняет появление дисбаланса между прибытием и убытием автомобилей. Для обоснованной корректировки ёмкостей прибытия и отправления автомобилей предлагается включить в расчет матрицы корреспонденций дополнительный условный транспортный район (УТР) «Транспортная сеть» который отображает наличие движущихся автомобилей на УДС ЦЧГ [3] (табл. 2.)

Таблица 2 - Суммарные емкости отправления и прибытия автомобилей

ТР отправления авт/период	ТР прибытия авт/период			Емкости отправления, $D_{d,s,n}$
	A_d	A_s	A_n	
D_d	h_{dd}	h_{ds}	h_{dn}	10669
D_s	h_{sd}	h_{ss}	h_{sn}	28099
D_n	h_{nd}	h_{ns}	h_{nn}	913
Емкости прибытия, $A_{d,s,n}$	14423	23103	2040	39566 / 39681

* n - индекс транспортной сети

Таким образом после включения в матрицу УТР «Транспортная сеть», разница между суммами емкостей ТР по отправлению и прибытию уменьшилось с 1242 до 115 автомобилей, при этом относительное отклонение составило 0,3%. Полученное отклонение не может оказать критического влияния на последующие результаты моделирования и может быть объяснено к технологическими и организационными причинами.

Выводы. Основной причиной расхождения суммарных емкостей по прибытию и отправлению автомобилей в условиях высокой интенсивности обмена между объектом исследования и его окружением, является динамический характер перемещения автомобилей при котором начало и окончание движения может относиться к разным периодам.

Учесть динамику транспортного потока в модели спроса возможна за счет включения в матрицу корреспонденций дополнительного условного ТР «транспортная сеть».

Список літератури: 1. Шацкий Ю. А. Расчет схемы расселения и трудовых корреспонденции при разработке генерального плана города [Текст] / Ю. А. Шацкий // Журн. Развитие системы городского транспорта — 1971. — №4.— С. 3—14. 2. Швецов В. И. Математическое моделирование транспортных потоков [Текст] // Автоматика и телемеханика, № 11. 2003. С. 3-46. 3. Горбачов П. Ф. Методика розрахунків місткостей транспортних районів з урахуванням динамічних процесів у транспортній системі [Текст] / П. Ф. Горбачов, О. С. Колий // Автомобільний транспорт: сб. науч. тр., - ХНАДУ. - 2012. - Вип. № 30.-С. 139-143. 4. Горбачов П. Ф. Закономірності зміни інтенсивності обміну транспортних засобів на елементах транспортної мережі міста [Текст] / П. Ф. Горбачов, О. С. Колий // Восточно-европейский журнал передовых технологий: сб. науч. тр., - 2008. - Вып.(36), 6/3.- С. 24 - 27. 5. Горбачов П. Ф. Визначення завантаження автомобілями центральної частини м. Харкова на основі закономірностей щільності паркування [Текст] / П. Ф. Горбачов, О. С. Колий // Автомобільний транспорт: сб. науч. тр., - ХНАДУ. - 2011. - Вип. № 27. - С. 210 - 214.

Надійшла до редколегії 10.09.2013

УДК 656.11

Особенности формирования емкостей транспортных районов прибытия и отправление автомобилей для центральной части города Харькова / Горбачев П. Ф., Колий А. С. // Вісник

НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.55-60. – Бібліогр.: 5 назв.

Представлена методика визначення збалансованої місткості транспортних районів центральної частини міста по прибуттю та відправленню автомобілів за рахунок включення в розрахунок кількості автомобілів, які перебувають у русі на транспортній мережі.

Ключові слова: транспортні райони, матриця кореспонденцій, місткості, центр міста, транспортні потоки, транспортна мережа.

The method of determining a balanced capacity of transport area of downtown according to the arrival and departure of vehicles at the expense of taking into account the number of vehicle that form the traffic within the transport network is presented.

Keywords: transport areas, the matrix of correspondence, capacities, downtown, traffic, the transport network.

УДК 656.2

Г. Я. МОЗОЛЕВИЧ, канд. техн. наук, доц., ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ПОТОКІВ ПОЇЗДІВ ПО ЗАЛІЗНИЧНОМУ ПОЛІГОНУ

У статті виконані дослідження впливу розподілу потоків поїздів по ланкам залізничного полігону на економічні показники, формалізована та вирішена задача вибору маршрутів пропуску поїздопотоків.

Ключові слова: розподіл потоків, прибуток залізниць, вибір маршрутів, задача оптимізації, залізний полігон.

Вступ. В умовах розвитку транспортного ринку держави ключовими питаннями для системи перевезень є своєчасне забезпечення вагонами необхідного типу усіх відправників вантажу відповідно до заявок, удосконалення тарифної політики, удосконалення організаційної структури управління залізничним транспортом, технології перевізного процесу й організації поїзної роботи на основі широкого впровадження автоматизованих систем управління, автоматизації диспетчерського контролю просування поїздів. В таких умовах необхідністю постає перехід до фінансової моделі управління залізничним транспортом.

Формування прибуткового механізму в сфері перевезень передбачає мінімізацію їх собівартості. Це вимагає освоєння не тільки нових технологій, але і нових підходів до організації вагонопотоків, а також удосконалення оперативного управління і регулювання, організації тягового обслуговування поїздів, застосування ефективних технологій, що відповідають умовам ринкового середовища. Найбільший ефект від реалізації всіх складових організації перевізного процесу може бути досягнутий за умови централізованого управління перевезеннями з єдиного центру [1]. Однією із основних актуальних задач центру може бути оперативний розподіл потоків по ланкам розвинутої залізничної мережі.

Задача вибору раціонального розподілу потоків по ланкам мережі є оптимізаційною, вирішенням якої присвячено значна кількість наукових праць [2-4]. Цю задачу вирішували вчені в умовах руху по мережі неподільних елементів (рідина, газ тощо) та окремих одиниць потоку (поїздів, автомобілів). В даній статті

© Г. Я. МОЗОЛЕВИЧ, 2013

запропоновано вирішення цієї задачі в умовах зацікавленості власників окремих ланок мережі.

Постановка задачі. Нехай є деяка мережа, що складає з n ланок, що сполучені у вузлах. У мережі є джерело потоку S та стік t . Кожна з ланок мережі має свій набір характеристик, що впливає на деякий показник оптимізації в залежності від обсягу потоку, що пропускається по ній. Ланки мережі належать різним власникам. Необхідно визначити маршрути потоків по ланкам мережі, при яких показник оптимізації буде максимальним (мінімальним) як для всієї мережі в цілому, так і для будь-якого співвідношення інтересів власників мережі.

Для рішення задачі обрано залізничний полігон, що поєднує промислові регіони Криворіжжя та Донбасу. На рис. 1 наведено ланки мережі, що можуть бути використані для пропуску поїздів. В якості показнику оптимізації обрано прибуток від перевезення поїздопотоків Придніпровської та Донецької залізниць.

Вирішення задачі. Для визначення раціональних маршрутів пропуску поїздів на

залізничному полігоні 3 метою максимізації прибутку залізниць необхідно визначити функції прибутку по кожній ділянці окремо.



Рис. 1 - Залізничні шляхи сполучення між сортувальними станціями Кривий Ріг Сортувальний та Яснувата

Прибуток залізниць при пропуску поїздів за маршрутами слідування можна визначити за формулою

$$P_{зал} = \sum_{i=1}^n D_i - \sum_{i=1}^n E_i \quad (1)$$

де i – ділянка, що пов’язує вершини мережі;

D_i – дохід залізниці на i -й ділянці від перевезення, грн;

E_i – експлуатаційні витрати залізниць при пропуску поїздів на i -й ділянці, грн.

Дохід залізниць від перевезення визначено за формулою

$$D_i = \frac{C_{10т-кмбр} L_{длі} N_{ni} Q_{бри}^{сер}}{10}, \quad (2)$$

де $L_{длі}$ - довжина i -ої ділянки, км;

$C_{10т-кмбр}$ - питома доходна ставка на 10 ткм-брутто,

N_{ni} - кількість поїздів на ділянці,

$Q_{бри}^{сер}$ - середня маса брутто поїзда.

Експлуатаційні витрати складаються з витрат на електроенергію (дизельне паливо), на утримання локомотивів та локомотивних бригад, на експлуатацію та простій

рухомого складу, витрати на зупинки та обслуговування поїздів на технічних станціях. У загальному вигляді функція експлуатаційних витрат має наступний вигляд:

$$E_{заг} = E_{рух} + E_{прост} + E_{ст} \quad (3)$$

де $E_{рух}$ – витрати, пов'язані з рухом поїздів на дільниці, грн;

$E_{прост}$ – витрати, пов'язані з простоем поїздів на перегонах та станціях з урахуванням витрат на розгін-сповільнення, грн;

$E_{ст}$ – витрати, пов'язані з обслуговуванням поїздів на технічних станціях, грн.

Витрати, пов'язані з рухом поїздів включають в себе:

$$E_{рух} = E_{пал} + E_{утр}^{лок} + E_{утр}^{бр} + E_{утр}^{ваг} \quad (4)$$

де $E_{пал}$ – витрати на паливо-енергетичні ресурси, необхідні для пропуску поїздів, грн;

$E_{утр}^{лок}$ – витрати на поточне утримання локомотивів для пропуску заданого вагонопотоку;

$E_{утр}^{бр}$ – витрати на поточне утримання локомотивних бригад, грн;

$E_{утр}^{ваг}$ – витрати на поточне утримання вагонного парку, грн.

Витрати на простій поїздів визначено наступним чином

$$E_{прост} = E_{прост}^{ваг} + E_{прост}^{лок} + E_{розг-спов} \quad (5)$$

де $E_{прост}^{ваг}$ – витрати на простій вагонів на перегонах та станціях, грн;

$E_{прост}^{лок}$ – витрати на простій магістральних локомотивів з бригадою, грн;

$E_{розг-спов}$ – витрати на розгін-уповільнення вантажного поїзда, грн.

Витрати на обслуговування поїздів визначено за формулою:

$$E_{ст} = E_{то} + E_{ст}^{інфр} + E_{змін}^{бр} + E_{змін}^{лок} \quad (6)$$

де $E_{то}$ – витрати, пов'язані з технічним оглядом вагонів на технічних станціях дільниці, грн;

$E_{ст}^{інфр}$ – витрати на використання станційної інфраструктури, грн;

$E_{змін}^{бр}$ – витрати на зміну локомотивних бригад, грн;

$E_{змін}^{лок}$ – витрати на зміну локомотива, грн.

При розрахунках експлуатаційних витрат на просування вагонопотоку слід враховувати те, що дільниці мають різну кількість головних колій та поділяються за видом тяги на електрифіковані та з тепловозною тягою [5].

У парному та непарному напрямках витрати на електроенергію (паливо) будуть різні, в залежності від поздовжнього профілю дільниці та маси поїздів, що на ній обертаються, тому для більш точних розрахунків використовуємо значення витрат палива за тяговими розрахунками на дільницях зі змінними умовною довжиною поїзда та розмірами руху вантажних поїздів на дільниці. На основі отриманих даних отримана функція залежності витрат палива при зміні параметрів кількості поїздів

N_n та умовної довжини составів $m_{ум.ваг}$.

Для вирішення задачі необхідно врахувати обмеження параметрів поїздопотоків на кожній ділянці полігону. Система обмежень параметрів функції детально описана у [6].

Залежність витрат від кількості поїздів та умовної довжини поїзда у з розподілом по напрямках руху для однієї з ділянок представлена на рис. 2.

На відміну від задач із

скалярним критерієм, результатом яких є оптимальна (з точністю до передумов і припущень моделі) стратегія, в задачах з векторним критерієм виявляється неможливим з абсолютною впевненістю стверджувати, що те чи інше рішення, дійсно (об'єктивно) оптимальне. Одне з рішень може бути краще другого за одними критеріями і поступатися йому за іншими. Сказати, яке з двох рішень в зазначених умовах об'єктивно краще не представляється можливим. Тільки з часом буде ясно, наскільки вірним було прийняте рішення. До реалізації рішення зазвичай використовуються особисті переваги людини, що його приймає (ЛПР). Її досвід та інтуїція є тією основою, яка визначає здатність передбачати наслідки прийнятого компромісу.

Отже, задача визначення раціонального розподілу поїздопотоків на залізничному полігоні розглядається як оптимізаційна задача із двома невідомими – кількістю поїздів N , що слідують по i -й ділянці, та умовною довжиною поїзда m . Критеріями оптимізації виступають прибутки окремих залізниць полігону (Придніпровської та Донецької):

$$\begin{cases} C_1 = \Pi_{np}(N, m) \rightarrow \max \\ C_2 = \Pi_{дон}(N, m) \rightarrow \max \end{cases} \quad (7)$$

де $\Pi_{np}, \Pi_{дон}$ - загальний прибуток Придніпровської та Донецької залізниць від перевезення поїздопотоків.

Вищезазначені прибутки розглядаються як функції двох параметрів N та m при постійних значеннях інших параметрів, таких як: наявна пропускна спроможність N_n , максимальна довжина приймально-відправних колій $l_{кол}$, максимальна маса поїздів на ділянках напрямку при існуючих поїзних локомотивах Q_{max} , m , добовий вантажопотік на напрямку $P_{вант}$, $m/добу$, доля порожнього вагонопотоку в переважно порожньому напрямку $\alpha_{пор}$, обсяги пасажирського руху при літньому та не літньому графіку руху поїздів $N_{пас}$, поїздів/добу, середня тара вагонів, q_m , m , середня вантажопідйомність вагонів, $q_{ваг}$, $m/ваг$, локомотивний парк W_l .

Розв'язок задачі векторної оптимізації полягає у пошуку усіх пар параметрів поїздопотоків, які задовольняють умові (7) при будь якому співвідношенні витрат

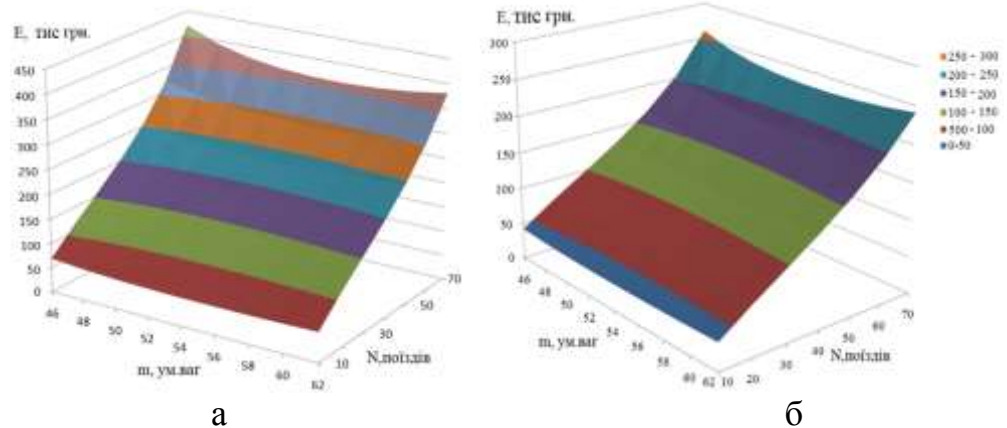


Рис. 2 - Залежність витрат від кількості поїздів та умовної довжини поїзда по напрямкам ділянки: а - непарний; б - парний

між собою $t = \frac{\Pi_{np}}{\Pi_{дон}}$. При двох невідомих значеннях m та N , вони повинні задовольняти наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi_{np}(N, m)}{\partial N} + t \frac{\partial \Pi_{дон}(N, m)}{\partial N} = 0, \\ \frac{\partial \Pi_{np}(N, m)}{\partial m} + t \frac{\partial \Pi_{дон}(N, m)}{\partial m} = 0, \end{cases} \quad (8)$$

Розв'язок цієї системи рівнянь для функцій прибутку залізниць із значною кількістю ланок полігону неможливо отримати класичними методами по причині складності функцій. До того ж для мережі полігону (рис 1) має місце близько $1,8 \cdot 10^{14}$ варіантів пропуску поїздів. Тому розв'язок задачі був реалізований на основі методу диференціальних витрат при сталих значеннях параметру t . Зміна функції прибутку при різних пріоритетах залізниць наведена на рис. 3.

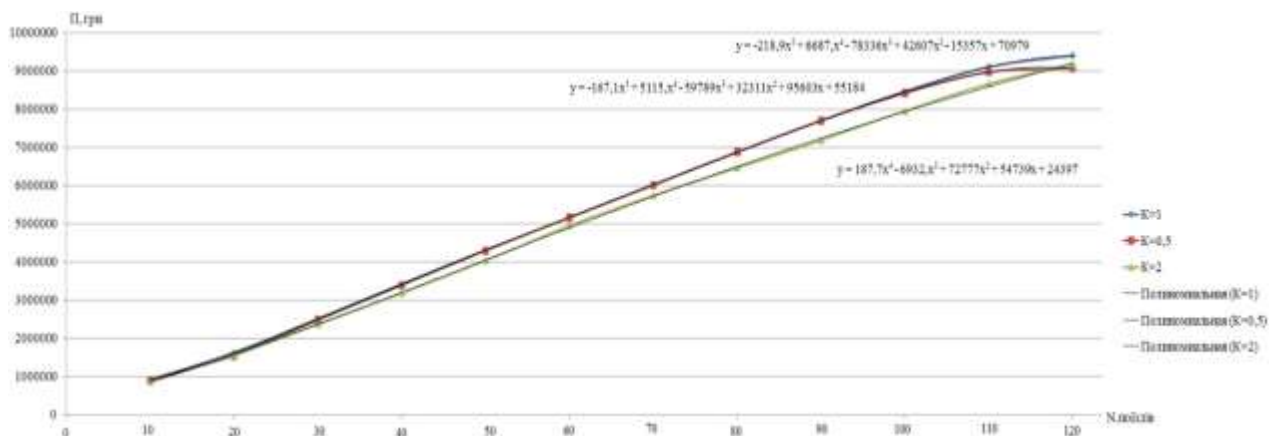


Рис. 3 – Сумарна функція прибутку при розподілі поїздопотоків в залежності від інтересів окремих залізниць

Отже, виконуючи розподіл поїздопотоків, диспетчерський апарат по суті має можливість впливати на прибуток Укрзалізниці в цілому та на прибуток окремих залізниць. На рис. 4 та 5 показано як змінюється прибуток Придніпровської та Донецької залізниць при наданні пріоритетів.

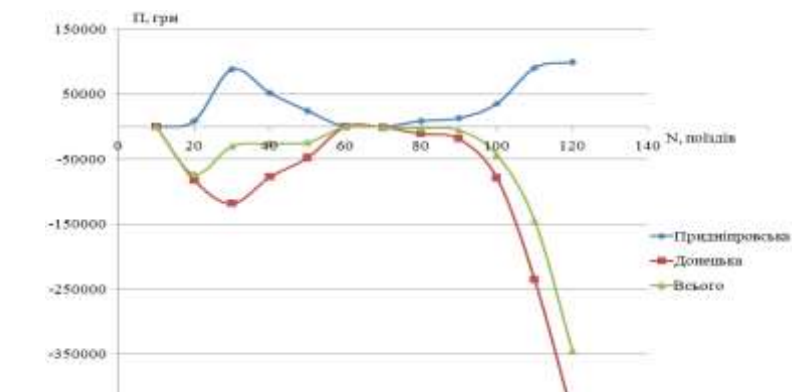


Рис. 4 – Відносна різниця прибутку залізниць в умовах пріоритету Придніпровської залізниці ($t=0,5$)

В результатах чітко прослідковується властивість емерджентності та синергізму в системі залізничних перевезень. Тобто при сумісних кооперативних діях різних елементів системи (Придніпровської та Донецької залізниць), що забезпечують необхідний ефект (прибуток), система буде працювати ефективніше, ніж при оптимізації роботи окремих залізниць їх диспетчерським апаратом.

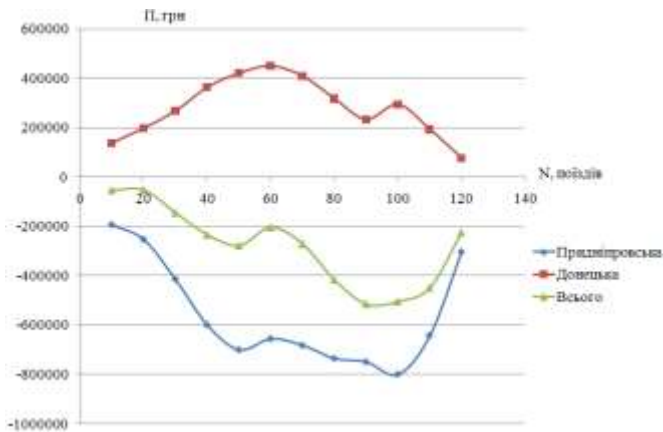


Рис. 5 – Відносна різниця прибутку залізниць в умовах пріоритету Донецької залізниці ($t=2$)

Отриманий оптимальний розподіл в залежності від інтересів залізниць наведено на рис. 6-8.



Рис. 7 – Раціональний розподіл поїздопотоків на мережі при $t=0,5$

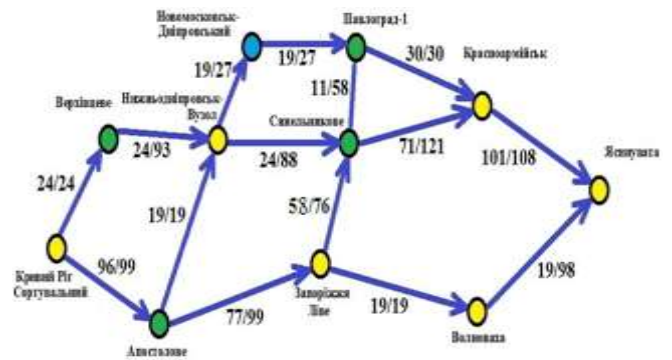


Рис. 6 – Раціональний розподіл поїздопотоків на мережі при $t=1$

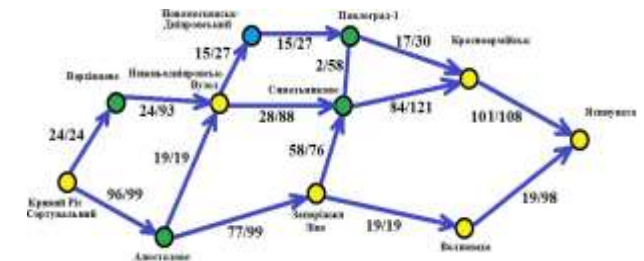


Рис. 8 – Раціональний розподіл поїздопотоків на мережі при $t=2$

Висновки. Задача розподілу поїздопотоків по залізничному полігону є оптимізаційною і може вирішуватись за різними критеріями в скалярній та векторній постановці. У випадку векторного критерію запропоновано в його якості розглядати прибуток окремих залізниць полігону. Така постановка задачі цікава, в першу чергу, з практичної точки зору, оскільки диспетчерський апарат приймає рішення виходячи з інтересів тієї чи іншої залізниць. Якщо ж задачу вирішувати за сукупним скалярним критерієм, то при розподілі поїздопотоків між залізничними вузлами Криворіжжя та Донбасу визначено, що максимальний сукупний прибуток окремих залізниць не дає максимального прибутку кожній залізниці окремо.

Список літератури: 1. Український транспортно-логістичний центр [Електр. ресурс]: – Режим доступа: <http://www.utlc-uz.com.ua/common.html>. 2. Поттгофф Г. Теория транспортных потоков. Под ред. Е. П.Нестерова [Текст] / Г. Поттгофф - Транспорт, Москва 1975. 3. Чибісов Ю. В. Математична модель вибору раціональних варіантів пропуску поїздопотоків по залізничній мережі [Текст] / Ю. В. Чибісов, Г. Я. Мозолевиц // Восточно-европейский журнал передових технологий. №3/11 (57) 2012, - С. 37-41. 4. Мозолевиц Г. Я. Удосконалення технології пропуску поїздопотоків на паралельних напрямках та у залізничних вузлах [Текст] / Г. Я. Мозолевиц, Ю. В. Чибісов // Тезиси міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи взаємодіяння залізничних вузлів та промислових підприємств», Д.: ДНУЖТ. – 2012 р. – С. 66-67. 5. Практичні рекомендації з технологічного-економічного управління експлуатаційною роботою залізниць (ЦД-0068), затверджені наказом Укрзалізниці від 05.08.2008 № 128/3, - Головне управління перевезень:- Київ, 2006. 6. Козаченко Д. М. Визначення раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках [Текст] / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевиц, О. О. Мазуренко // Восточно-европейский журнал передових технологий. – № 2/3 (50) 2011, – С. 40–45.

Надійшла до редколегії 11.09.2013

УДК 656.2

Вибір раціонального розподілу потоків поїздів по залізничному полігону/ Мозолевич Г. Я. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.60-66. – Бібліогр.: 6 назв.

В статье выполнены исследования влияния распределения потоков поездов по участкам железнодорожного полигона на экономические показатели, формализована и решена задача выбора маршрутов пропуска поездопотоков.

Ключевые слова: распределение потоков, прибыль железных дорог, выбор маршрутов, задача оптимизации, железнодорожный полигон.

The impact of flow distribution of trains on the railway polygon sections on the economic indicators have been performed in this article. The problem of selecting routes of the trainflows was formalized and solved.

Keywords: distribution of flows, earnings of railways, the choice of route optimization problem, the train polygon.

УДК 656.222

Ю. В. ЧИБІСОВ, канд. техн. наук, доц., ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна,
Дніпропетровськ

ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПОТОКІВ ПОЇЗДІВ НА МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ

У даній статті запропонована математична модель раціонального розподілу поїздопотоків по залізничній мережі. Основна мета досліджень – розробка алгоритму формування напрямків поїздопотоків по найкоротшому шляху мережі залізниць, що забезпечить мінімальні витрати енергоресурсів на просування поїздів. Розподіл потоків по мережі виконано за допомогою теорії графів. В якості критерію оптимальності обрано мінімум поїздо-кілометрів пробігу.

Ключові слова: залізнична мережа, потік поїздів, математична модель, раціональний розподіл, векторна оптимізація.

Вступ. У часи дефіциту рухомого складу, а також під час переходу значної кількості рухомих одиниць залізничного транспорту у приватну власність, все більшої актуальності набувають питання раціонального використання вагонного та локомотивного парку, а також питання мінімізації витрат енергоресурсів на просування вагоно- та поїздопотоків. В умовах ринкових відносин на транспортному ринку, залізниця повинна приділяти більше уваги щодо якісного обслуговування кожного клієнта. Для підтримки конкурентоспроможності залізниць необхідно впроваджувати нові технології щодо покращення використання технічних засобів транспорту.

Аналіз досліджень та публікацій. Задачі розподілу поїздопотоків по залізничній мережі за різними критеріями розглянуто багатьма авторами і має безліч алгоритмів її рішень [1 – 3]. Завдання раціонального розподілу потоків між станціями також широко представлена в літературі [4 – 7]. Потоківі задачі, як правило, зводяться до пошуку такого розподілу потоків у мережі, при якому б забезпечувався екстремум деякого критерію. При цьому необхідно враховувати обмеження, що накладаються умовами збереження потоків у вузлах і неперевищення потоками пропускної спроможності дуг. Типовими потіковими задачами є задача про потік мінімальної вартості, про максимальний потік, транспортна задача, задача про призначення та інші. Для їх розв'язання розроблено

© Ю. В. ЧИБІСОВ, 2013

чимало ефективних алгоритмів, сформувався навіть відповідний напрям обчислювальних методів під назвою потокового програмування [8].

Формулювання мети та задачі досліджень. Відомі моделі розподілу потоків у мережах [8] базуються на поняттях теорії графів [9]. Це пов'язано з тим, що граф дає можливість наочно відобразити структуру мережі, а параметри його вузлів і дуг – представити основними числовими характеристиками її елементів. Набір характеристик залежить від природи системи, що досліджується, а також характеру задач, що вирішуються, однак у потокових моделях їх, як правило, представляють такими параметрами, як зовнішній потік у вузлі, потік по дузі, пропускна спроможність дуги, вартість транспортування одиниці потоку по дузі тощо.

Для того, щоб виконати розподіл потоків по залізничній мережі, за допомогою алгоритмів, описаних у теорії графів [2 – 4, 10 – 11], необхідно представити залізничну мережу у вигляді графу з відповідними пунктами відправлення та призначення транспортної продукції (поїздів), а також задати вагу кожної дуги (відстань між пунктами).

В якості критерію оптимальності обираємо мінімум поїздо-кілометрів пробігу:

$$C = \sum_{i,j \in V} \sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega} \cdot l(\omega) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $l(\omega)$ – довжина шляху ω ;

$\sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega}$ сумарний потік на графі $G(V, E)$.

Постановка задачі розподілу поїздопотоків на мережі. У даній статті завдання визначення раціональних потоків на мережі представлено як задача векторної оптимізації.

Нехай $G(V, E)$ – неорієнтований граф з переліком вершин V і ребер E . Кожному ребру відповідає число $R(e)$.

Граф $G(V, E)$ має задані потоки P_{ij} , $i, j \in V$.

Нехай W_{ij} – набір простих шляхів з i в j , а ω – деякий простий шлях з W_{ij} .

Позначимо через $X_{ij\omega}$ частину потоку P_{ij} , який реалізується на шляху ω , тоді має місце

$$\sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega} = P_{ij}. \quad (2)$$

Введемо індикатор ребра e на шляху ω , тобто

$$I_{\omega}(e) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } e \in \omega; \\ 0, & \text{якщо } e \notin \omega, \end{cases} \quad (3)$$

тоді сумарний потік по ребру e для набору шляхів W_{ij} складе

$$\sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega} \cdot I_{\omega}(e), \quad (4)$$

а загальний потік по даному ребру e дорівнюватиме

$$N(e) = \sum_{i,j \in V} \sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega} \cdot I_{\omega}(e); \quad e \in E. \quad (5)$$

Якщо $\bar{N}(e)$ – максимально допустимий потік для ребра, то повинно виконуватися обмеження по пропускній спроможності:

$$N(e) \leq \bar{N}(e), e \in E. \quad (6)$$

Якщо припустити, що $l(\omega)$ – довжина шляху ω , $l(\omega) = \sum_{e \in \omega} R(e)$, то величина

$$Pr = \sum_{i,j \in V} \sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega} \cdot l(\omega) \quad (7)$$

може слугувати оцінкою раціональності розподілу заданих потоків P_{ij} , $i, j \in V$ на графі $G(V, E)$.

Позначимо E_* – набір ребер, які були використані для побудови набору простих шляхів між усіма вершинами, тоді величина

$$L(E_*) = \sum_{e \in E_*} R(e) \quad (8)$$

відображає довжину мережі.

Тобто, має місце завдання визначити такий розподіл потоків $X_{ij\omega}$, щоб показники $Pr(E_*)$ і $L(E_*)$ були мінімальними, і виконувалися умови (2) та (6).

Іншими словами завдання розподілу поїздопотоків зводиться до задачі векторної оптимізації

$$\begin{pmatrix} L(E_*) \\ Pr(E_*) \end{pmatrix} \rightarrow \min, \quad (9)$$

за умов (2) та (6).

Зауважимо, що в підсумовуванні $\sum_{i,j \in V}$ повинно бути $i < j$, це означає, що буде визначено розподіл потоків в одному напрямку (туди), якщо $i > j$, то отримаємо розподіл в іншому напрямку (назад).

Якщо розглядати граф $G(V, E)$ як модель мережі залізниці, вершини – найменування станцій, то розуміючи під $R(e)$ – відстань, а P_{ij} як поїздопотік між пунктами i та j по ребру e , тоді $L(E_*)$ являє собою довжину мережі вантажних перевезень, а $Pr(E_*)$ з точністю до постійного множника відображає витрати часу на доставку вантажу [12 – 14].

Формування напрямків поїздопотоків по найкоротшому шляху з $(i \rightarrow j)$

Вибір напрямку здійснюється за формулою:

$$\min_{e \in E \setminus E_*} \frac{Pr(E_* \cup \{e\}) - Pr(E_*)}{l(E_* \cup \{e\}) - l(E_*)}. \quad (10)$$

Графічне представлення формування напрямків поїздопотоків відображено на рис. 1.

Нехай e_* реалізує мінімум, тоді, поповнивши $E_* = E_* \cup \{e_*\}$, прийдемо в точку A_2 (рис. 1) і т. д. таких точок буде $|E \setminus E_*| + 1$.

Зауважимо, що $Pr(E_* \cup \{e\}) \leq Pr(E_*)$

так як $L(E_* \cup \{e\}) \leq L(E_*)$.

Число напрямків поїздопотоків з i в

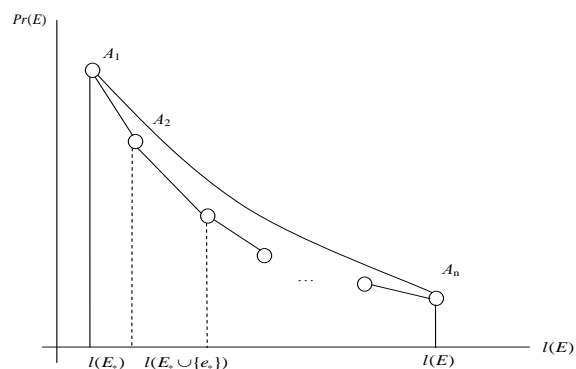


Рис. 1 – Формування напрямку поїздопотоків по найкоротшому шляху з i в j

j по найкоротшому шляху з $(i \rightarrow j)$ буде $N(N+1)/2$, де $N = |V|$.

Побудова простих шляхів на графі. Як один з варіантів побудови простих шляхів на графі, може служити наступний алгоритм. Нехай N – кількість вершин у графі $G(V, E)$; zn – початкова вершина; zk – кінцева вершина. Необхідно визначити всі прості шляхи з zn в zk .

1) Позначимо KP – безліч простих шляхів; KW – безліч варіантів можливих шляхів.

2) Задаємо початкову та кінцеву вершину zn і zk . Поповнюємо $KW = \{\{zn\}\}$.

3) Вибираємо варіант можливого шляху $w \in KW$ і видаляємо його з безлічі KW .

4) Визначаємо z_1, z_2, \dots, z_p суміжні вершини для шляху w .

5) Перевіряємо кожну суміжну вершину $z_i, i = \overline{1, p}, p < N$:

5.1) якщо $z_i = zk$, то $KP \cup \{w \cup z_i\}$ – поповнюємо множину простих шляхів новим простим шляхом;

5.2) якщо $z_i \cap w = \emptyset$, то $KW \cup \{w \cup z_i\}$ – поповнюємо множину варіантів можливих шляхів новим варіантом.

6) Якщо $KW = \emptyset$ – множина варіантів можливих шляхів порожня, то побудовані всі прості шляхи, інакше переходимо до пункту 5.2.

Для прикладу розглянемо побудову простих шляхів на частині мережі залізниць України, представленій у спрощеному вигляді, схема якої у вигляді графу наведена на рис. 2.

Розглянемо граф G , що містить $N = 7$ вершин (рис. 2). Визначимо всі прості шляхи з $zn = 2$ в $zk = 4$. Поповнюємо множину варіантів шляхів $KW = \{\{1\}\}$.

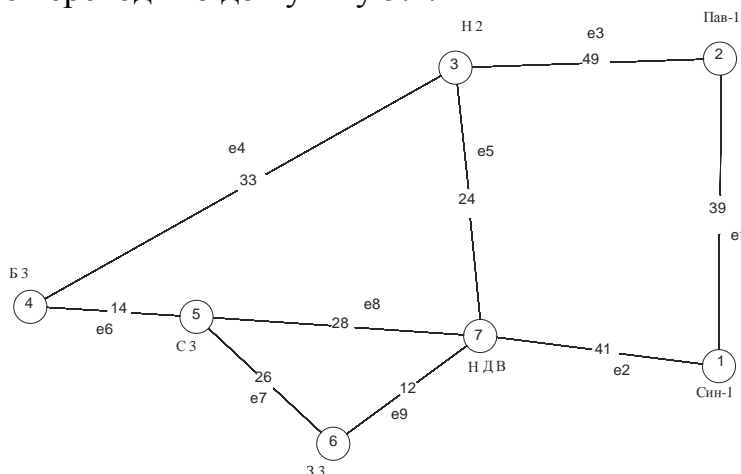


Рис. 2 – Залізнична мережа у вигляді графу

Обираємо один з варіантів $w = \{1\}$; видаляємо його з множини $KW = \{\}$.

Визначаємо суміжні вершини для шляху $w = \{1\}$ $z_1 = 3, z_2 = 1$; кількість суміжних вершин $p = 2$.

Так як $z_1 \neq zk, z_2 \neq zk$, то $KP = \{\}$.

Поповнюємо множину варіантів шляхів новими варіантами $KW = \{\{2,3\}, \{2,1\}\}$.

Обираємо один з варіантів $w = \{2,3\}$; видаляємо його з множини $KW = \{\{2,1\}\}$.

Визначаємо суміжні вершини для шляху $w = \{2,3\}$ $z_1 = 4, z_2 = 7$; кількість суміжних вершин $p = 2$.

Так як $z_1 = zk$, а $z_2 \neq zk$, то $KP = \{2,3,4\}$.

Поповнюємо множину варіантів шляхів новими варіантами $KW = \{\{2,3,7\}, \{2,1\}\}$.

Розглядаючи варіант шляху $w = \{2,3,7\}$ - $KP = \{2,3,4\}$,

$KW = \{\{2,3,7,5\}, \{2,3,7,6\}, \{2,1\}\}$.

Розглядаючи варіант шляху $w = \{2,3,7,5\} - KP = \{\{2,3,4\}, \{2,3,7,5,4\}\}$.

Розглядаючи варіант шляху $w = \{2,3,7,6\} - KW = \{\{2,3,7,6,5\}, \{2,1\}\}$.

Розглядаючи варіант шляху $w = \{2,3,7,6,5\} - KP = \{\{2,3,4\}, \{2,3,7,5,4\}, \{2,3,7,6,5,4\}\}$, а також видаляємо цей варіант з множини рішень $KW = \{\{2,1\}\}$.

Додаємо до варіанту $KW = \{\{2,1\}\}$ суміжну вершину $z_1 = 7$, тоді $KW = \{\{2,1,7\}\}$. Тепер додаємо до варіанту $KW = \{\{2,1,7\}\}$ три суміжні вершини $z_1 = 3, z_2 = 5, z_3 = 6$. тоді $KW = \{\{2,1,7,3\}, \{2,1,7,5\}, \{2,1,7,6\}\}$. Так як $z_1 \neq zk, z_2 \neq zk$, а також $z_3 \neq zk$, то кількість можливих варіантів шляхів $KP = \{\{2,3,4\}, \{2,3,7,5,4\}, \{2,3,7,6,5,4\}\}$.

Розглядаючи варіант шляху $w = \{2,1,7,3\}$, додаємо до нього суміжну вершину $z_1 = 4$, тоді $KP = \{\{2,3,4\}, \{2,3,7,5,4\}, \{2,3,7,6,5,4\}, \{2,1,7,3,4\}\}$, при цьому $KW = \{\{2,1,7,5\}, \{2,1,7,6\}\}$.

Розглядаючи варіант шляху $w = \{2,1,7,5\}$, додаємо до нього суміжну вершину $z_1 = 4$, тоді $KP = \{\{2,3,4\}, \{2,3,7,5,4\}, \{2,3,7,6,5,4\}, \{2,1,7,3,4\}, \{2,1,7,5,4\}\}$, при цьому $KW = \{\{2,1,7,6\}\}$.

Розглядаючи варіант шляху $w = \{2,1,7,6\}$, додаємо до нього суміжну вершину $z_1 = 5$, тоді $KW = \{\{2,1,7,6,5\}\}$. Так як $z_1 \neq zk$, то продовжуємо пошук можливих шляхів. Додаємо до варіанту $KW = \{\{2,1,7,6,5\}\}$ суміжну вершину $z_1 = 4$, тоді $KW = \{\}$, при цьому додаємо шлях $w = \{2,1,7,6,5,4\}$ до множини шляхів, тоді $KP = \{\{2,3,4\}, \{2,3,7,5,4\}, \{2,3,7,6,5,4\}, \{2,1,7,3,4\}, \{2,1,7,5,4\}, \{2,1,7,6,5,4\}\}$
Кінець алгоритму.

На рис. 3 представлена графічна реалізація методу побудови простих шляхів.

Таким чином, із вершини 2 в вершину 4 існує 6 можливих шляхів руху поїздопотоків.

Розподіл поїздопотоків за напрямками. Нехай у підграфі $H(V, E_*) \in W(E_*)$ напрямів, ω – деякий шлях з $W(E_*)$, тоді, якщо ребро $e \in \omega$, то поїздопотік по даному ребру від напрямку позначимо через $X(e, \omega)$. Сумарний потік по ребру e складе

$$N(e) = \sum_{\substack{\omega \in W(E_*) \\ e \cap \omega = e}} X(e, \omega). \quad (11)$$

Величина $N(E_*) = \max_{e \in E_*} N(e)$ визначає максимальний поїздопотік, тоді якщо $N(E_*) \leq \bar{N}$, то граф $H(V, E_*)$ є допустимим з точки зору пропускної спроможності шляху. У випадку, коли максимально допустимий потік \bar{N} у кожного ребра різний,

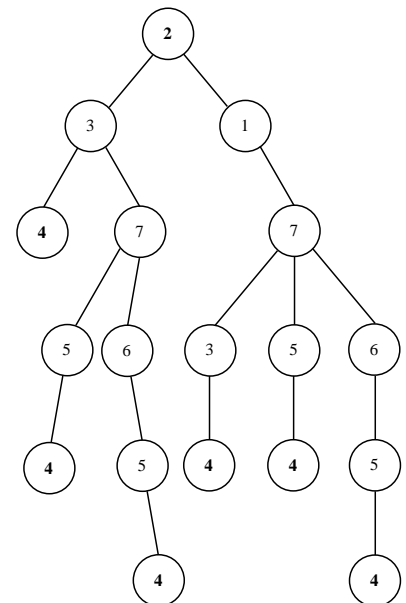


Рис. 3 – Графічна реалізація методу побудови простих шляхів

то допустимість графа $H(V, E_*)$ визначається співвідношенням $N(e) \leq \bar{N}(e)$, $\forall e \in E_*$. Формула для підрахунку величини $N(e, \omega)$ являє собою вираз

$$X(e, \omega) = \sum_{\rho=1}^{j(e)} \sum_{v=j(e)+1}^{m_\omega} P(i_\rho, i_v), \quad (12)$$

де $P(i_\rho, i_v)$ – поїздопотік з i_ρ в i_v ;

$(j(e), j(e)+1)$ – номери вершин в маршруті ω , які з'єднані ребром $e \in \omega$;

m_ω – число вершин у маршруті ω .

Розглянемо граф G (рис. 4), що відображає залізничну мережу між 7 пунктами. Задаємо назви ребер:

$e1=\{1,2\}$, $e2=\{1,7\}$, $e3=\{2,3\}$, $e4=\{3,4\}$, $e5=\{3,7\}$, $e6=\{4,5\}$, $e7=\{5,6\}$, $e8=\{5,7\}$, $e9=\{6,7\}$.

Задана матриця відстаней $R(e)$ і поїздопотоків P_{ij} мають вигляд:

$$R(e) = \begin{bmatrix} 0 & 39 & 0 & 0 & 0 & 0 & 41 \\ 39 & 0 & 49 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 49 & 0 & 33 & 0 & 0 & 24 \\ 0 & 0 & 33 & 0 & 14 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 14 & 0 & 26 & 28 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 26 & 0 & 12 \\ 41 & 0 & 24 & 0 & 28 & 12 & 0 \end{bmatrix} \quad P_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 20 & 0 & 5 & 5 & 14 \\ 1 & 0 & 0 & 18 & 40 & 0 & 17 \\ 0 & 0 & 0 & 11 & 7 & 3 & 10 \\ 2 & 11 & 14 & 0 & 5 & 7 & 16 \\ 3 & 10 & 11 & 5 & 0 & 20 & 8 \\ 0 & 21 & 8 & 23 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 7 & 0 & 0 & 8 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Обмеження з пропускної спроможності для кожного ребра приймаємо однаковим. Воно буде рівним $\bar{N}(e) = 140$.

Використовуючи пакет символьних обчислень *Maple* [15 – 17], отримаємо рішення з розподілу поїздопотоків на простих шляхах з урахуванням пропускних спроможностей ребер.

На першому етапі виконання завдання побудуємо остовний граф мінімальної сумарної довжини [2 – 3] $H(V, E_*)$, який показано на рис. 5. Сумарна довжина побудованого графа $H(V, E_*)$ становить $L(E_*) = 171$, набір ребер даного графа являє собою $E_* = \{e1, e3, e4, e5, e6, e9\}$.

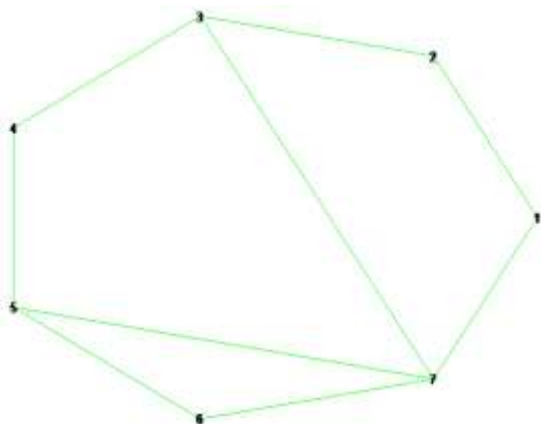


Рис. 4 – Вихідний граф мережі

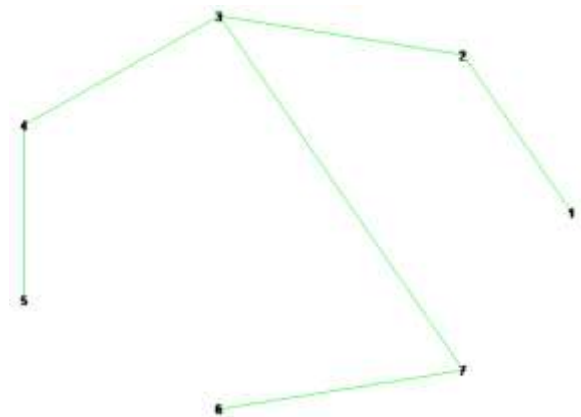


Рис. 5 – Остовний граф мінімальної сумарної довжини

Побудована множина всіх простих шляхів з i в j , при чому $i < j$, тобто розглядається один напрямок (туди), для графа $H(V, E_*)$ представлено в табл. 1

Таблиця 1 – Перелік шляхів графа

З\В	В 2	В 3	В 4	В 5	В 6	В 7
3 1	[e1]	[e1, e3]	[e1, e3, e4]	[e1, e3, e4, e6]	[e1, e3, e5, e9]	[e1, e3, e5]
3 2	–	[e3]	[e3, e4]	[e3, e4, e6]	[e3, e5, e9]	[e3, e5]
3 3	–	–	[e4]	[e4, e6]	[e5, e9]	[e5]
3 4	–	–	–	[e6]	[e4, e5, e9]	[e4, e5]
3 5	–	–	–	–	[e6, e4, e5, e9]	[e6, e4, e5]
3 6	–	–	–	–	–	[e9]

Розподіл поїздопотоків на множині простих шляхів здійснюється наступним чином: з вершини 1 в вершину 2 по шляху [e1] реалізується поїздопотік 2; з вершини 1 в вершину 3 по шляху [e1, e3] реалізується поїздопотік 20; з вершини 1 в вершину 5 по шляху [e1, e3, e4, e6] реалізується поїздопотік 5; з вершини 1 у вершину 6 по шляху [e1, e3, e5, e9] реалізується поїздопотік 5; з вершини 1 у вершину 7 по шляху [e1, e3, e5] реалізується поїздопотік 14; з вершини 2 у вершину 4 по шляху [e3, e4] реалізується поїздопотік 18; з вершини 2 у вершину 5 по шляху [e3, e4, e6] реалізується поїздопотік 40; з вершини 2 у вершину 7 по шляху [e3, e5] реалізується поїздопотік 17; з вершини 3 в вершину 4 по шляху [e4] реалізується поїздопотік 11; з вершини 3 в вершину 5 по шляху [e4, e6] реалізується поїздопотік 7; з вершини 3 в вершину 6 по шляху [e5, e9] реалізується поїздопотік 3; з вершини 3 в вершину 7 по шляху [e5] реалізується поїздопотік 10; з вершини 4 в вершину 5 по шляху [e6] реалізується поїздопотік 5; з вершини 4 в вершину 6 по шляху [e4, e5, e9] реалізується поїздопотік 7; з вершини 4 в вершину 7 по шляху [e4, e5] реалізується поїздопотік 16; з вершини 5 в вершину 6 по шляху [e6, e4, e5, e9] реалізується поїздопотік 20; з вершини 5 в вершину 7 по шляху [e6, e4, e5] реалізується поїздопотік 8.

При даному розподілі навантаження на кожне ребро за поїздопотоків відображене в табл. 2.

Таблиця 2 – Навантаження ребер за поїздопотоків

Ребро	e1	e3	e4	e5	e6	e9
Довжина	39	49	33	24	14	12
Поїздопотік	46	119	132	95	65	35

Даний розподіл поїздопотоків задовольняє обмеження з пропускної спроможності.

А значення показника раціональності розподілу потоків складе $Pr(E_*)=15591$ поїздо-км.

Множина ребер, які не увійшли в граф $H(V, E_*)$ являє собою $\{e2, e7, e8\}$.

Побудуємо всі можливі комбінації з елементів даної множини:

$QE = \{\{e2\}, \{e7\}, \{e8\}, \{e2, e7\}, \{e2, e8\}, \{e7, e8\}, \{e2, e7, e8\}\}$.

Вибираючи з побудованої множини комбінацію ребер мінімальної ваги, по черзі додаємо їх до графа $H(V, E_*)$ і проводимо розподіл поїздопотоків на отриманому графі для всіх простих шляхів.

Тобто наступним кроком для розподілу поїздопотоків буде додавання до графа

$H(V, E_*)$ ребра $\{e7\}$, вага якого дорівнює 26, рис. 6.

Тепер множина ребер даного графа являє собою

$E_* = \{e1, e3, e4, e5, e6, e7, e9\}$. Розподіл потоку з доданим ребром відбувається аналогічним чином: з вершини 1 в вершину 2 по шляху $[e1]$ реалізується поїздопотік 2; з вершини 1 в вершину 3 по шляху $[e1, e3]$ реалізується поїздопотік 20; з вершини 1 в вершину 5 по шляху $[e1, e3, e4, e6]$ реалізується поїздопотік 5; з вершини 1 у вершину 6 по шляху $[e1, e3, e5, e9]$ реалізується поїздопотік 5; з вершини 1 у вершину 7 по шляху $[e1, e3, e5]$ реалізується поїздопотік 14; з вершини 2 у вершину 4 по шляху $[e3, e4]$ реалізується поїздопотік 18; з вершини 2 в вершину 5 по шляху $[e3, e4, e6]$ реалізується поїздопотік 40; з вершини 2 у вершину 7 по шляху $[e3, e5]$ реалізується поїздопотік 17; з вершини 3 в вершину 4 по шляху $[e4]$ реалізується поїздопотік 11; з вершини 3 в вершину 5 по шляху $[e4, e6]$ реалізується поїздопотік 7; з вершини 3 в вершину 6 по шляху $[e5, e9]$ реалізується поїздопотік 3; з вершини 3 в вершину 7 по шляху $[e5]$ реалізується поїздопотік 10; з вершини 4 в вершину 5 по шляху $[e6]$ реалізується поїздопотік 5; з вершини 4 в вершину 6 по шляху $[e6, e7]$ реалізується поїздопотік 7; з вершини 4 в вершину 7 по шляху $[e6, e7, e9]$ реалізується поїздопотік 16; з вершини 5 в вершину 6 по шляху $[e7]$ реалізується поїздопотік 20; з вершини 5 в вершину 7 по шляху $[e7, e9]$ реалізується поїздопотік 8.

При цьому розподіл навантаження на кожне ребро за поїздопотоків відображений в табл. 3.

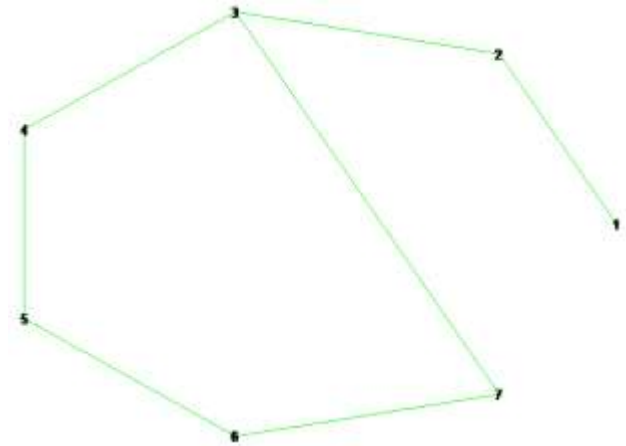


Рис. 6 – Додавання ребра $\{e7\}$ до графу мінімальної довжини

Таблиця 3 – Навантаження ребер поїздопотоків

Ребро	e1	e3	e4	e5	e6	e7	e9
Довжина	39	49	33	24	14	26	12
Поїздопотік	46	119	81	49	80	51	32

Отримані значення не перевищують обмежень з пропускної спроможності.

Значення показника раціональності розподілу потоків складе $Pr(E_*) = 14304$ поїздо-км.

Для подальшого розподілу поїздопотоків, додаємо в граф $H(V, E_*)$ комбінації ребер з множини QE . Значення показників раціональності розподілу потоків для даних графів зведемо в табл. 4.

Серед розглянутих 8 варіантів (починаючи з графа мінімальної довжини $H(V, E_*)$, і закінчуючи повним графом G) тільки чотири незрівнянних між собою по Парето [12]. Це варіант 1 графа $H(V, E_*)$, довжина шляху якого $L(E_*) = 171$ км, значення показника $Pr(E_*) = 15591$ поїздо-км; варіант 2 графа $H(V, E_*)$ (до графа $H(V, E_*)$ додали ребра $\{e7\}$), довжина шляху якого $L(E_*) = 197$ км, значення показника $Pr(E_*) = 14304$ поїздо-км.

Таблиця 4 – Значення показників раціональності при додаванні в граф комбінації ребер, починаючи з мінімальної ваги

Номер варіанта	Ребра, щододаються до графу	Вага ребер, що додаються, км	Сумарна довжина шляху графа, км	Значення показника раціональності, поїздо- км
1	-	-	171	15591
2	e7	26	197	14304
3	e8	28	199	14442
4	e2	41	212	14067
5	e7, e8	54	225	15364
6	e2, e7	67	238	12215
7	e2, e8	69	240	12303
8	e2, e7, e8	95	266	11925

Варіант 6 з табл. 4 (до графа $H(V, E_*)$ додали ребра $\{e2, e7\}$); довжина шляху $L(E_*) = 238$ км, значення показника $Pr(E_*) = 12215$ поїздо-км; варіант 5 з табл. 4 (до графа $H(V, E_*)$ додали ребра $\{e2, e7, e8\}$), довжина шляху $L(E_*) = 266$ км, значення показника $Pr(E_*) = 11925$ поїздо-км; варіант 8 з табл. 4 (до графа $H(V, E_*)$ додали ребра $\{e2, e4, e9\}$); довжина шляху $L(E_*) = 266$ км, значення показника $Pr(E_*) = 11925$ поїздо-

-км, а решта «гірші», ніж ці чотири.

Графічне представлення незрівнянних між собою по Парето варіантів представлено на рис. 7.

Таким чином, рішенням завдання векторної оптимізації

(9) за умов (2) і (6) для розглянутого прикладу є варіанти 1, 2, 3, 5, та 8 з табл. 4, що значно скоротило число усіх можливих варіантів рішень для прийняття рішення.

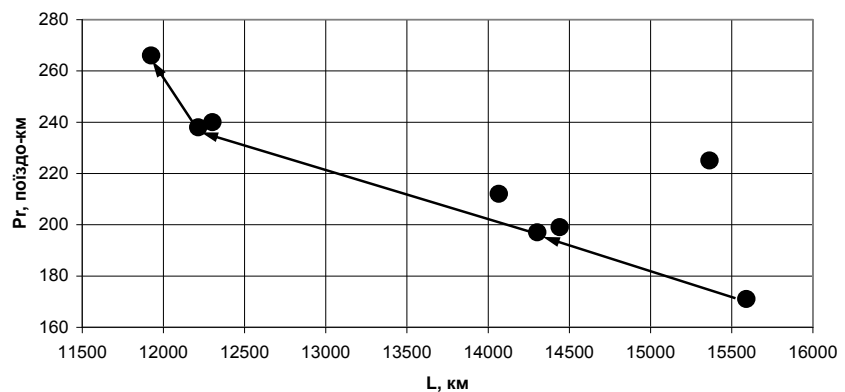


Рис. 7 – Графічне представлення незрівнянних варіантів по Парето

Висновки. Задача розподілу потоків поїздів на мережі має ряд недоліків:

- задача вирішується для однорідного вантажу;
- призначення поїздопотоків не витримуються;
- не враховується пропускна спроможність залізничних ділянок;
- при визначенні оптимального розподілу враховується лише один критерій;
- немає можливості врахувати багатокількість перегонів;
- не враховуються різні категорії поїздів;
- не враховуються різні коефіцієнти зйому пропускної спроможності поїздами, та інші.

Тому розподіл поїздопотоків по мережі необхідно виконувати з урахуванням зазначених факторів та обмежень. Таким чином, рішенням завдання векторної

оптимізації (9) за умов (2) і (6) для розглянутого прикладу є варіанти 1, 2, 3, 5, та 8 з табл. 4, що значно скоротило число усіх можливих варіантів рішень для прийняття рішення. Вибір конкретного варіанту, це вже завдання не математичне.

Отже, завдання визначення раціональних потоків на мережі може бути представлено як задача векторної оптимізації з відповідними обмеженнями. Дана задача має широке застосування.

Якщо розглядати граф $G(V, E)$ як модель залізничної мережі, вершини – найменування відповідних пунктів призначення, то розуміючи під $R(e)$ – відстань, а під P_{ij} – поїздопотік між пунктами i та j , $L(E_*)$ являє собою довжину мережі вантажних перевезень, а $Pr(E_*)$ з точністю до постійного множника відображає витрати часу на перевезення.

Рішення даної задачі дозволяє значно скоротити число усіх можливих варіантів рішень, і допомогти прийняти рішення, серед незрівнянних по Парето варіантів, вибрати оптимальний.

Список літератури: 1. Форд, Л. Р. Потоки в сетях. / Л. Р. Форд., Д. Р. Фалкерсон // – М.: «Мир», 1966. Перевод с англ. 372 с. 2. Березина, Л. Ю. Графы и их применение: Пособие для учителей. / Л. Ю. Березина // – М.: Просвещение, 1979. – 143 с. 3. Носов, В. А. Комбинаторика и теория графов / В. А. Носов // Издательство: Московский государственный институт электроники и математики, 1999. 4. Юнушкин, А. А. Распределение потоков в транспортных сетях (зарубежный опыт) / А. А. Юнушкин // Вестник транспорта. – 2007. – №12. – С. 31-34. 5. Поттгофф Г. Теория транспортных потоков. / Г. Поттгофф // – Берлин., 618 с. 6. Андерсон, Д. А. Дискретная математика и комбинаторика [Текст] / Джеймс А. Андерсон // пер. з англ. – М.: Вид. дім «Вільямс», 2004. – 960 с. 7. Босов, А. А. Визначення раціональних маршрутів руху поїздів на мережі доріг [Текст] / А. А. Босов, Ю. В. Чибісов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 34 – Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – С. 180-188 8. Йенсен, П. Потокоевое программирование / П. Йенсен, Д. Барнес // – М.: Радио и связь, 1984. – 392 с. 9. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес // – М.: Мир, 1978. – 432 с. 10. Паночийшин, Ю. М. Задача розподілу потоків у мережах із багатьма джерелами і стоками / Ю. М. Паночийшин // Вісник Хмельницького національного університету №4, 2009 – с. 112 – 116. 11. Кірік, О. Є. Розподіл потоків у мережах складної кільцевої топології / О. Є. Кірік // Наукові вісті НТУУ "КПІ" секція Інформаційні технології, системний аналіз та керування (вип. 2) – 2009 р. – с. 18 – 26. 12. Поденоський, В. В. «Парето-оптимальные решения многокритериальных задач» / В. В. Поденоський, В. Д. Ногін // – М.: Наука. Головна редакція фізико-математичної літератури, 1982. – 256 с. 13. Седых, В. И. «Парето-оптимальное моделирование инженерных задач» / В. И. Седых, В. П. Болотов, Ю. К. Маиунин, А. Г. Сатаев // Комп'ютерний журнал. Наукова стаття, 2004. – 22 с. 14. Bosov, A. A. Vector Optimization by Two Objective Junctions / A. A. Bosov, G. N. Kodola, L. N. Savchenko [Електрон. ресурс]: опис. – Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/0708.4307v1>. 15. Аладьев, В. З. "Программирование в пакетах Maple и Mathematica: Сравнительный аспект" / В. З. Аладьев, В. К. Бойко, Е. А. Ровба // Монография / Гродно: Гродненский Госуниверситет, 2011, 517 с. 16. Эдвардс, Ч. Г. Дифференциальные уравнения и краевые задачи: моделирование и вычисление с помощью Mathematica, Maple и MATLAB / Ч. Г. Эдвардс, Д. Э. Пенни. // 3-е издание. Киев.: Диалектика-Вильямс, 2007. ISBN 978-5-8459-1166-7. 17. Кирсанов, М. Н. Графы в Maple / М. Н. Кирсанов // М.: Физматлит, 2007, 168с.

Надійшла до редколегії 05.09.2013

УДК 656.222

Формування раціональних потоків поїздна мережі залізниць / Чибісов Ю. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.66-76. – Бібліогр.: 17 назв.

В данной статье предложена математическая модель рационального распределения поездопотоков по железнодорожной сети. Основная цель исследований – разработка алгоритма формирования направлений поездопотоков по кратчайшему пути сети железных дорог, что

обеспечит минимальные расходы энергоресурсов на продвижение поездов. Распределение потоков по сети выполнено с помощью теории графов. В качестве критерия оптимальности выбран минимум поездо-километров пробега.

Ключевые слова: железнодорожная сеть, поток поездов, математическая модель, рациональное распределение, векторная оптимизация.

Mathematical model of the rational trainflow distribution on the rail network was offered in this article. The main purpose of research work is development of the algorithm which will help to make the shortest paths of the trainflows, which will provide a minimum expenditure of energy resources to the promotion of trains. The trainflows distribution on the network was made with the help of the graph theory. The minimum of the train-kilometers was chosen as the optimality criterion.

Keywords: railway network, train flow, mathematical model, rational distribution, vector optimization.

УДК 378.1

Г. І. ХІМІЧЕВА, д-р техн. наук, проф., КНУТД, Київ;

Л. М. ВІТКІН, д-р техн. наук, проф., Університет економіки та права «Крок», Київ;

О. В. БОБРУСЬ, студентка, КНУТД, Київ

АНАЛІЗ І ОБҐРУНТУВАННЯ РИЗИКІВ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВНЗ

Стаття присвячена дослідженням щодо визначення ризиків інноваційної діяльності вищих навчальних закладів та факторів, що їх спричиняють. В роботі обґрунтовані підходи до класифікації інноваційних ризиків ВНЗ і наведено механізми своєчасного їх усунення або попередження, що підвищить результативність діяльності вищих навчальних закладів.

Ключові слова: ризики, інновації, оцінювання, ВНЗ, класифікація.

Вступ. В умовах швидкоплинних вимог споживача освітянських послуг (майбутнього фахівця з одного боку і роботодавця – з іншого), основним напрямом розвитку і засобом підвищення іміджу вищих навчальних закладів, є успішне здійснення інноваційної діяльності, без якої неможлива модернізація навчального процесу. Особливо це актуально сьогодні, коли на ринку освітянських послуг йде жорстока конкуренція за абітурієнта.

Згідно [2, 3] інноваційна діяльність – це комплекс дій, метою якого є створення, виробництво та поширення на ринку продуктів, технологій або послуг – результатів наукової праці. Тобто, як видно з визначення, вона має 3 основні ознаки – кінцеву реалізацію, новизну продукту або технологій чи підходів, що застосовуються та раціональний характер для споживача.

На кафедрі метрології, стандартизації, сертифікації Київського національного університету технологій та дизайну протягом останніх п'яти років проводиться низка досліджень, пов'язаних з вирішенням питань інноваційної діяльності ВНЗ, зокрема визначення та запобігання інноваційних ризиків.

Мета роботи. Метою роботи є аналіз принципів і підходів щодо оцінювання та визначення ризиків, притаманних інноваційній діяльності вищих навчальних закладів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основні підходи до визначення поняття та сутності ризиків наведено у працях [6,9], які показують багатоаспектність

ризик за ситуаційною ознакою. Дослідження авторів [2, 3, 7] доводять, що для оцінки ризиків діяльності суб'єктів господарювання та підвищення результативності управління ризиком потрібно мати їх класифікацію. Однак, незважаючи на достатньо велику кількість досліджень і напрацювань в сфері інноваційної діяльності, єдина класифікація інноваційних ризиків відсутня, що ускладнює процес їх визначення і призводить до неоднозначності трактування отриманих результатів.

Тому проведення досліджень, пов'язаних з визначенням ризиків інноваційної діяльності є актуальним і своєчасним завданням.

Виклад основного матеріалу. Ризик є однією з основних проблем сучасного суспільного життя і господарської діяльності у різних сферах національної економіки, у тому числі і системи освіти. Відповідно до ISO 31000 ризик слід розглядати як діяльність у невизначеній обстановці, що пов'язана з подоланням цієї невизначеності, яка представляє собою незнання достовірного, відсутність однозначності [1].

Слід зазначити, що перш ніж оцінювати ступень ризику, потрібно чітко визначитись безпосередньо з поняттям «ризик». В табл. 1 наведені найбільш розповсюджені на сьогодні визначення цього поняття.

Таблиця 1 – Структурно-логічна сутність поняття «ризик»

Типові ознаки поняття «ризик»	Ситуаційна характеристика ризику
можливість небезпечних втрат	небезпечні втрати, які витікають із специфіки тих чи інших явищ природи і видів діяльності суспільства
загроза втрат ресурсів	втрати ресурсів (виробничих, фінансових, інтелектуальних, кадрових, інформаційних, інтерфейсних та інших), які належать суб'єктам інноваційного процесу (інноваційної діяльності)
невизначеність, вірогідність результату	діяльність суб'єктів господарювання, пов'язана з подоланням невизначеності в ситуації неминучого вибору, в процесі якої є можливість оцінити вірогідність досягнення бажаного результату або невдачі і відхилення від мети
невизначеність, відхилення від результату, міра віддачі, міра збитків	об'єктивно-суб'єктивна економічна категорія у діяльності суб'єктів господарювання, яка пов'язана з подоланням невизначеності та конфлікту у ситуації оцінювання та неминучого вибору і, як правило, відображає міру відхилення від цілей, від бажаного (сподіваного) результату, міру віддачі, збитків з урахуванням впливу керованих і некерованих чинників, непрямих і зворотніх зв'язків
можливість, відхилення результатів, загроза втрат	можливість або загроза відхилення результатів конкретних рішень або дій від очікуваних, як правило – загроза втрати підприємством (установою) частини своїх ресурсів, недоотримання доходів або появи додаткових витрат у результаті здійснення конкретних видів діяльності
непевна ситуація	ситуація, коли можливий як позитивний, так і негативний результат

Крім того, на думку автора [9], визначати сутність ризику можна за такими ознаками як специфічний процес вибору альтернатив, варіантів дій у ситуації невизначеності, тобто вибір дії, результат якої визначається випадком; через безпосередню дію (діяльність суб'єкта) у надії на позитивний результат; дію в

незрозумілій, невизначеній обстановці, тобто дію у разі наявності небезпеки, загрози; через ймовірність негативного характеру наслідків яких-небудь подій (ймовірність помилки або неуспіху в ситуації з декількома альтернативами; збиток, пов'язаний з реалізацією рішення; можливість настання небажаних наслідків у результаті дії випадкових чинників; подія, настання якої містить можливість яких-небудь втрат).

Практичний досвід доводить, що сьогодні функціонування сучасної системи вищої освіти відбувається в умовах певної невизначеності та впливу керованих і некерованих дестабілізуючих факторів, що призводить до ускладнення управління діяльністю ВНЗ та є чинником ризику при прийнятті рішень [5,8]. Тому, для ефективного управління ризиками потрібно мати їх класифікацію та знати фактори, що їх спричиняють [7, 9]. Особливо це актуально для ВНЗ, які працюють в умовах постійного впровадження інновацій. Однак, незважаючи на достатньо велику кількість досліджень і напрацювань в цьому напрямку, єдина класифікація інноваційних ризиків, зокрема в галузі освітянських послуг, відсутня, тому аналіз ризиків виконується доволі узагальнено [4].

За твердженням [7] інноваційна діяльність ВНЗ – це організація навчально-науково-інноваційного процесу в чотирьох основних напрямках:

- 1) освітньому – підготовка та перепідготовка фахівців;
- 2) науково-дослідному – фундаментальні та прикладні дослідження;
- 3) науково-технічному – науково-технічні та прикладні дослідження;
- 4) адміністративно-управлінському – стратегічне планування інноваційної діяльності.

В ході проведення досліджень нами виявлено, що ризик інноваційної діяльності ВНЗ це, перш за все, ймовірність неотримання визначеного результату від розроблення і освоєння новацій, зокрема нових ОКХ, ОПП, навчальних планів, програм та ін., організації навчального процесу та застосування наукового потенціалу в навчальному процесі, що не дає, в свою чергу, можливості підготувати фахівця, конкурентоздатного на сучасному ринку праці. При цьому природа інноваційного ризику ВНЗ така, що він постійно змінює свої характеристики залежно від стадій інноваційного проекту (надання освітянської послуги). Тому керівництву ВНЗ необхідно здійснювати постійний моніторинг процесів впровадження та управління інноваційним проектом для своєчасного виявлення слабких сторін та для підготовки механізму ефективного управління ризиками. Як показує практичний досвід, одним з найбільш доступних і ефективних методів зменшення інноваційного ризику є планування та контролювання етапів виконання проекту (впровадження новацій в навчальний процес).

Проведений автором [3] аналіз інноваційної діяльності вітчизняних підприємств (установ) дозволив йому виділити наступні, властиві їм, ризики: науково-технічні ризики (негативні результати НДР, відхилення параметрів ДКР, невідповідність технічного рівня виробництва технічному рівню інновації, невідповідність кадрів професійним вимогам проекту, відхилення в термінах реалізації етапів проектування, виникнення непередбачених науково-технічних проблем), ризики юридичної та фінансової невідповідності, ризик некерованості проектом зокрема та бізнесом загалом.

Як видно із наведеного переліку, ризики охоплюють майже всі сфери діяльності підприємства (установи) і залежать від цілої низки факторів. Тому для управління

ними потрібно мати спеціальну класифікацію, наприклад, за факторами, що їх спричиняють. При цьому під класифікацією ризиків інноваційної діяльності ВНЗ слід розуміти розподіл ризику на конкретні групи за визначеними ознаками. До таких ознак, як показує проведений аналіз літературних джерел, слід віднести частоту повторення ризику, рівень дії та джерело дії, часовий аспект, масштаб та розміри, аспект ризику, ступінь об'єктивності і суб'єктивності рішень, ступінь ризикованості рішень, тип ризику, час прийняття ризикових рішень, чисельність осіб, що приймають рішення та ін. Зведена за результатами досліджень класифікація ризиків наведена на рис. 1.

Однак для застосування таких ознак для визначення ризиків інноваційної діяльності ВНЗ потрібно більш детально розглянути специфіку останніх і провести їх класифікацію, наприклад, за такими ознаками як причини і види прояву, тобто поділяти їх на об'єктивні, об'єктивно-суб'єктивні і суб'єктивні[4]. В табл. 2 наведена така класифікація.

Таблиця 2 – Класифікація інноваційних ризиків за причинами і видами їх прояву

Зовнішні ризики (об'єктивні)	Макросередовища	Економічний
		Політико-правовий
		Соціально-демографічний
		Екологічний
		Технологічний
	Мікросередовища	Споживчі
		Конкурентні
		Інвестиційні
		Постачальні
		Посередницькі
Контактні		
Внутрішні (об'єктивно-суб'єктивні)		
Суб'єктивні ризики (ризики прийняття інноваційних рішень)	Відповідність внутрішніх можливостей зовнішнім	
	Генерації ідей	
	Перевірки і відбору ідей	
	Розроблення і перевірки задумки продукції (послуг)	
	Аналізу ринку для інновації і розроблення плану її просування	
	Оцінки можливостей підприємства-інноватора	
	Розроблення продукції (послуг)	
	Ринкових випробувань продукції (послуг)	
Розгортання комерційного виробництва нової продукції (послуг)		

Виходячи з вищенаведеного, на наш погляд, найбільш ефективним механізмом для побудови класифікації інноваційних ризиків ВНЗ є структурно-ієрархічний підхід, який передбачає розподіл ризиків спочатку на види (освітні, науково-дослідні, науково-технічні, адміністративно-управлінські), а потім на групи з подальшим їх структуруванням за суттєвими ознаками.

Наприклад, ризики за ознакою «джерело дії» можна поділити спочатку на «зовнішні» та «внутрішні», а потім структурувати за факторами, наведеними на рис. 2.

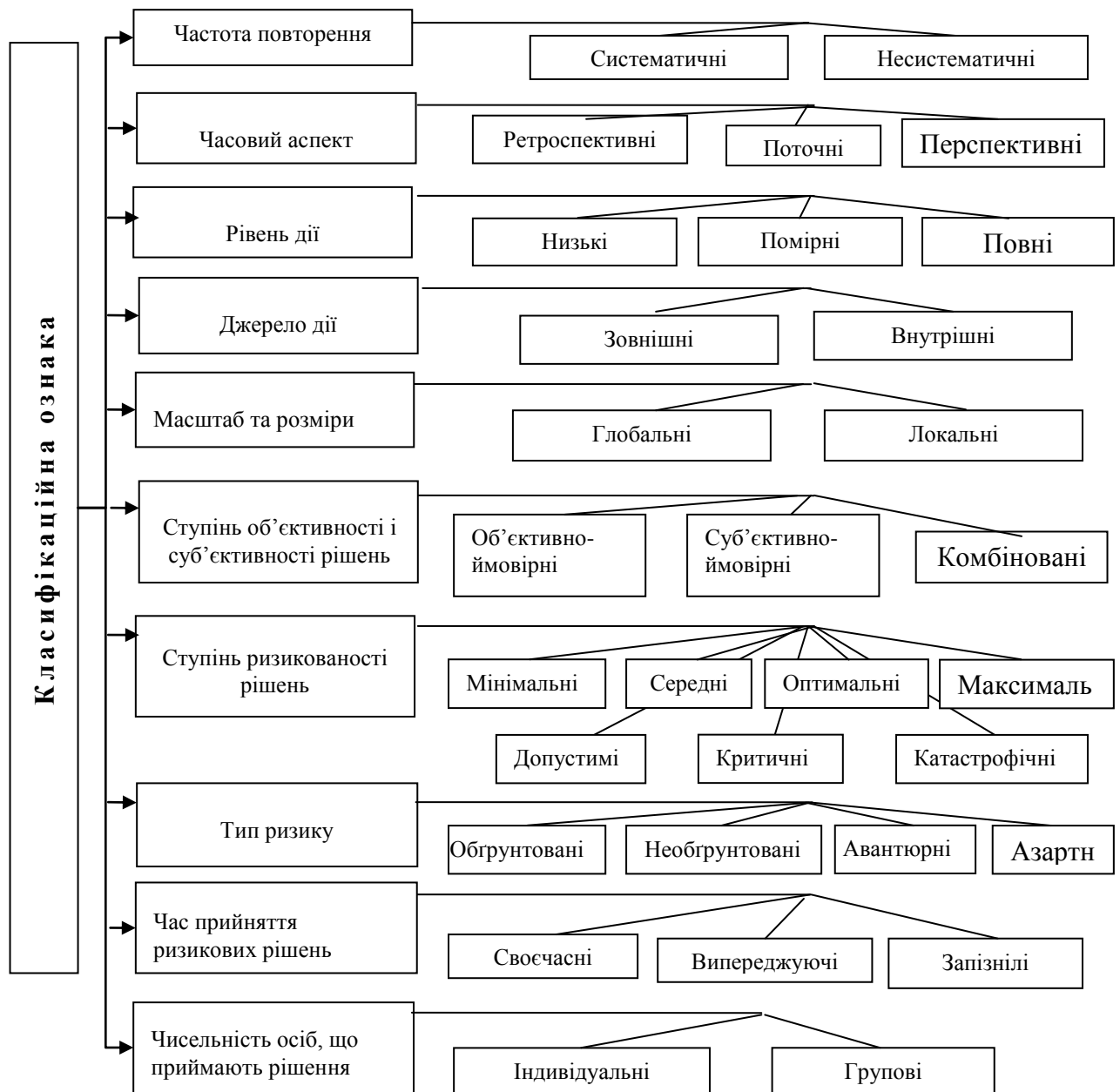


Рис. 1 – Класифікація ризиків

Для запобігання або зменшення наведених вище внутрішніх ризиків ВНЗ повинні розробляти і впроваджувати спеціальні механізми управління, наприклад, такі як наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Механізми управління внутрішніми ризиками ВНЗ

Умови виникнення ризику	Наслідки	Механізм управління
Нестачі коштів в обігу та розбалансованість надходжень грошових потоків	Користування послугами кредиторів та позичальників для відновлення та балансу грошових коштів в обігу	1. Фінансово-економічна політика, націлена на рівномірний розподіл витрат закладу. 2. Резерви грошових коштів на передбачувані і непередбачувані витрати закладу
	Нестача грошових коштів для потреб ВНЗ через їх нерівномірне надходження	
Інвестиційна, інноваційна діяльність	Втрата грошових коштів при інвестиційній та інноваційній діяльності	1. Ретельний аналіз інвестиційних проектів (реальне інвестування) при прийнятті інвестиційного проекту. 2. Оцінка вартості інвестиційного проекту. 3. Розроблення заходів щодо зниження інвестиційних ризиків.
Зниження попиту абітурієнтів на освітні послуги ВНЗ	Зменшення кількості абітурієнтів, студентів, а отже і грошових доходів	1. Обґрунтована і цілеспрямована рекламна політика закладу. 2. Механізми виживання в умовах конкуренції. 3. Заохочувальні програми для вступників. 4. Зважена взаємодія з батьками майбутніх абітурієнтів навчальних закладів.
Відток існуючих студентів	Зменшення контингенту ВНЗ (зменшення надходжень грошових коштів ВНЗ; зменшення навантаження для викладачів)	1. Створення сприятливих умов у ВНЗ для навчання студентів. 2. Залучення висококваліфіковані викладачі. 3. Надання можливості для всебічного розвитку особистості студента. 4. Створення системи відстрочок та розстрочок при оплаті за навчання студентів-контрактників.
Невдала кадрова політика	Витрати на збереження або пошук нових висококваліфікованих кадрів	1. Створення необхідних умов для наукового та особистісного розвитку науковця. 2. Достойна та вчасна заробітна плата. 3. Проведення конференцій, семінарій та ін. наукових заходів у ВНЗ.
Втрата ліцензії	Витрати на поновлення ліцензії, збереження кадрів, матеріально-технічної бази та інших умов для надання ліцензії	1. Всебічний контроль документів ВНЗ. 2. Жорстке дотримання обсягів наявної ліцензії. 3. Управлінський контроль дотримання правил ліцензування на всіх рівнях ВНЗ.

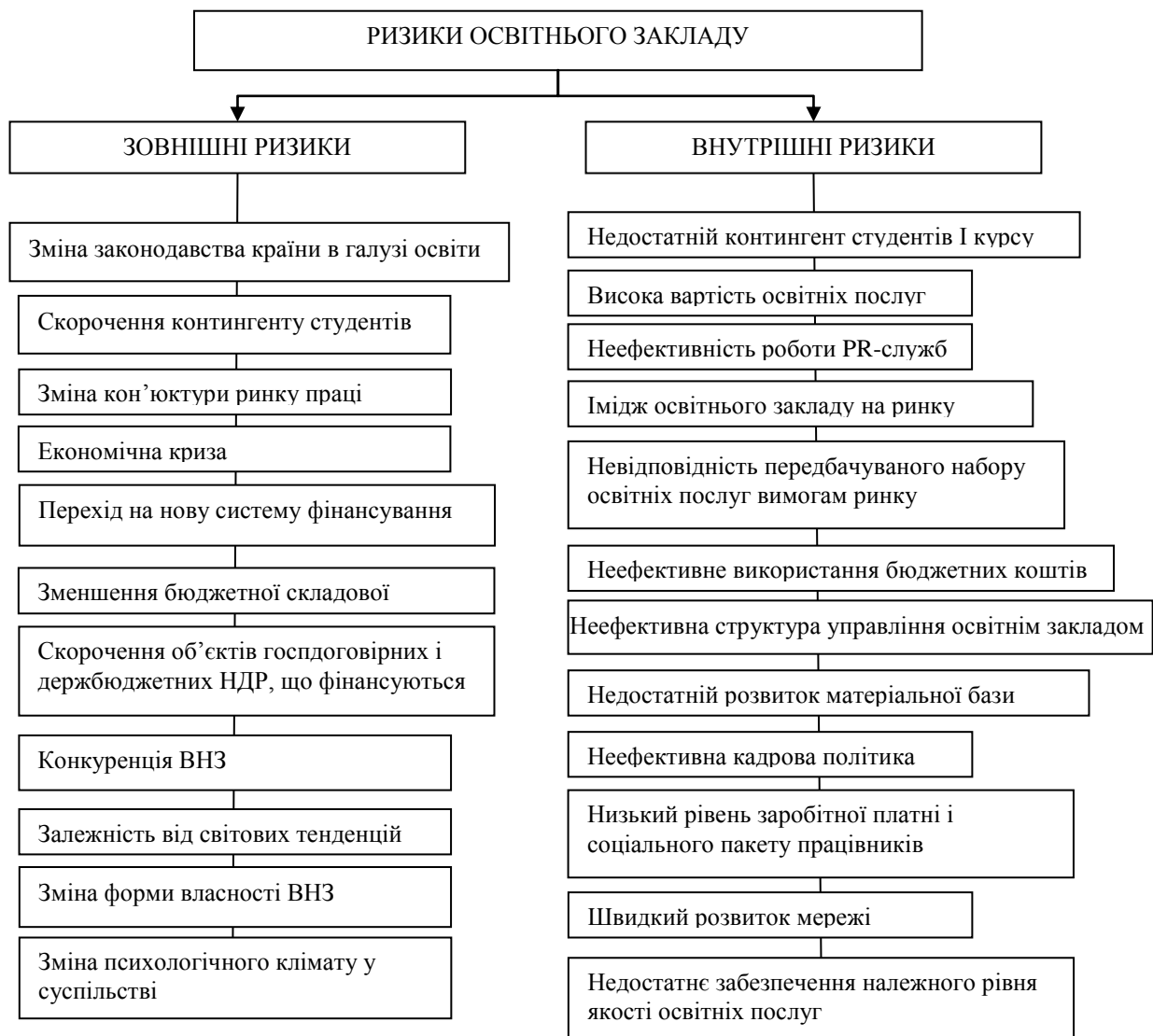


Рис. 2 – Структурування ризиків освітнього закладу за ознакою «джерело дії»

Висновок. Результати проведеного аналізу доводять, що ризики, які виникають в процесі інноваційної діяльності ВНЗ, слід постійно відслідковувати і приймати запобіжні і попереджувачі дії щодо них. При цьому для підвищення ефективності цих дій доцільно до ризиків застосовувати процесний підхід, притаманний теорії TQM, тобто поділяти їх на: ризики на «вході» (ризики для молодих людей під час вступу до ВНЗ); ризики в процесі навчання (адаптаційні, первинної професійної соціалізації та ін.); ризики на «виході» (ризики для роботодавців, пов'язані з кваліфікацією майбутніх робітників).

Список літератури : 1. ISO 31000:2009 (Управління ризиками. Принципи та рекомендації – Risk management - Principles and guidelines) 2. *Бабенко Т. Ю.* Управління ризиками інноваційної діяльності на підприємстві // Студентська конференція «Соціально-економічний розвиток України на початку XXI століття». Секція №1: «Формування стратегії підприємств в контексті нових викликів світової економіки». – 2012 3. *Григор'єва О. Є.* Проблеми ризиків, що виникають під час реалізації інноваційних проектів, та методи їхнього кількісного вимірювання // Проблеми економіки та управління. - Л. : Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка". – 2008 р. – С. 64-71. 4. *Ільяшенко С. Н.* Инновационные риски и их классификация // Актуальні проблеми економіки. – 2005 р. – №4(46). – С. 93 5. *О. І. Волков, Л. М. Віткін, Г. І. Хімичева, А. С. Зенкін* Системи якості вищих навчальних закладів: теорія і практика. – К.: Наукова думка, 2006. – 301 с. 6. *Рішняк І. В.* Системний аналіз категорій ризику та невизначеності // Вісник Національного університету

"Львівська політехніка". Інформаційні системи та мережі: збірник наукових праць. – 2003 р. – С.263-275 **7. Сергєєва Л. Н., Єлесіна А. А.** Особливості внутрішніх ризиків внз із точки зору управління // Вісник Запорізького національного університету: Збірник наукових праць. Економічні науки. – № 3(15). – 2012. **8. Т. П. Костюкова, И. А. Лысенко** Образовательное учреждение как объект управления в условиях риска // Вестник УГАТУ. - 2011. - №5. - С. 208-205. **9. Удовицька Т. А.** Проблеми у функціонуванні системи вищої освіти: аналіз можливих ризиків // Грані: науково-теоретичний та громадсько-політичний альманах. – Дніпропетровськ: Вид-во «Грані». – 2012. – № 1(81). – С. 134-137

Надійшла до редколегії 15.09.2013

УДК 378.1

Аналіз і обґрунтування ризиків інноваційної діяльності ВНЗ / Хімичева Г. І., Віткін Л. М., Бобрусь О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.76-83 . – Бібліогр.: 9 назв.

Стаття посвячена дослідженням по определению рисков инновационной деятельности высших учебных заведений и вызывающих их факторов. В работе обоснованы подходы к классификации инновационных рисков ВУЗов и приведены механизмы своевременного их устранения или предупреждения, что позволит повысить результативность деятельности высших учебных заведений.

Ключевые слова: риски, инновации, оценивание, ВУЗ, классификация.

The article is devoted to research of determine risks of innovation activity of universities and factors that cause them. There are grounded approaches to universities innovation risks classification and submitted actions to elimination and prevention them in the work, that will increase the universities activity performance.

Keywords: risks, innovation, assessment, university, classification.

УДК 656.072

С. Ю. ГОНЧАРЕНКО, аспірант, ХНАДУ, Харків

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАТРИЦ ПАССАЖИРСКИХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ В СРЕДНИХ ГОРОДАХ

Проведено аналітичне дослідження актуальних питань побудови моделей попиту населення міст на послуги пасажирського міського транспорту. Представлено критичний аналіз існуючих методів і моделей отримання матриць пасажирських кореспонденцій.

Ключевые слова: пассажирская корреспонденция, маршрутная сеть, функция тяготения, пассажирские передвижения.

Введение. Основной целью функционирования маршрутной сети (МС) городского пассажирского транспорта (ГПТ) является доставка пассажиров из пункта отправления в пункт назначения с минимальными затратами времени [1]. Данная проблема является острой практически для всех категорий городов Украины, однако, большинство научных работ посвящено решению данного вопроса в крупных или крупнейших городах. Несмотря на это, в категорию средних городов (численность жителей от 50 до 250 тыс. человек) входит большое количество населенных пунктов нашей страны. При этом выполнив анализ и сопоставление общей численности жителей во всех крупнейших и средних городах Украины, в результате можно получить практически равные значения. Таким образом, проблема повышения уровня транспортного обслуживания населения средних городов является также актуальной, решение которой должно выполняться с учетом всех

© С. Ю. ГОНЧАРЕНКО, 2013

уровней планирования работы ГПТ: оперативного, текущего и перспективного. При этом очевидно, что первичным является перспективный уровень, который предполагает наличие у инженера-транспортника корректной информации о спросе населения на услуги ГПТ.

Целью работы. Целью работы является критический анализ моделей и методов получения матриц пассажирских корреспонденций (МПК), определение ключевых компонент моделей и подходов к оценке достоверности результатов моделирования.

Классификация существующих методов расчета МПК. Несмотря на, казалось бы, простую задачу определения спроса населения на услуги ГПТ к решению данной проблемы многие ученые подходили с использованием большого разнообразия методов, основанных на различных гипотезах. Однако наличие между некоторыми из них схожих подходов к формированию массива данных или аналогии гипотез позволяет выполнить их группировку и систематизировать в группы. Так в [2] методы расчета МПК разделяются на экстраполяционные и вероятностные. В [3] предлагается два классификационных признака: метод получения исходных данных и метод расчета. Согласно первому, модели разделяются в две группы: аналоговые и синтетические. Классификация по второму признаку выделяет детерминированные, вероятностные и эвристические модели.

Также существует подход к классификации методов расчета МПК по процедуре проведения расчетов [4]. В результате классификации по данному признаку в первую группу входят методы, основанные на статистическом анализе данных о фактических корреспонденциях, во вторую – методы, основанные на априорных логических гипотезах.

В ХНАДУ в последние годы активно развивается направление интервального моделирования спроса на услуги ГПТ, которое является новым и, соответственно, не входило в ранее представленные классификационные группы. Предложенный подход определения МПК в рамках интервального моделирования обладает рядом преимуществ в сравнении с другими методами расчета. Таким образом, предлагается следующая классификация методов и моделей получения МПК: статистические, априорные и интервальные модели.

Анализ статистических моделей МПК. Применительно к статистическим методам прогноза спроса на трудовые передвижения принцип расчетов по моделям данной группы заключается в определении пропорционального увеличения значения корреспонденции на основе ожидаемой степени изменения объема передвижений в общей совокупности по городу или отдельно между районами. Наименее трудоемким методом, дающим результаты с большой степенью погрешности, является метод единого коэффициента роста

$$D'_{ij} = k \cdot D_{ij}, \quad (1.1)$$

где D_{ij} – существующая корреспонденция пассажиров между двумя рассматриваемыми районами;

k – коэффициент роста пассажирооборота всего города.

Данный метод получил слабое распространение по причине получения результатов с невысокой степенью точности, что приводит к невозможности разработки корректных решений относительно развития маршрутной сети и внесения коррективов в ее работу.

Метод Фратара [5] абсорбирует в себе принципы расчета всех подходов первой

классификационной группы, учитывая изменения пассажирообмена каждого района с учетом его структурной особенности

$$D'_{ij} = D_{ij} \cdot k_i \cdot k_j \cdot \frac{M_i + M_j}{2}, \quad (1)$$

где k_i, k_j – темпы роста пассажирообмена соответственно в районе отправления и прибытия; M_i, M_j – местные факторы районов i и j .

Основным достоинством методов расчета матрицы корреспонденций, основанных на использовании коэффициентов роста, является простота процедуры расчетов. Однако для реализации расчетов необходима первичная информация о характере передвижений пассажиров между транспортными районами города. То есть без наличия величин D_{ij} прогнозирование состояния спроса на услуги ГПТ невозможно. Это является ключевым недостатком моделей данной группы.

Анализ априорных моделей МПК. Априорные модели МПК основываются на гипотезах об аналогии формирования величины пассажирской корреспонденции с термодинамическими процессами [6] или с законом гравитации [2,3]. Исходя из этого, основное развитие в рамках данной группы получили модели: энтропийные и гравитационные.

Базой для расчета величины корреспонденции по энтропийной модели является величина средних затрат времени на трудовые передвижения. Для нахождения величины корреспонденции необходимо выполнить оптимизацию функционала (2)

$$S = \left(- \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n h_{ij} \cdot \ln(h_{ij}) \right) \rightarrow \max, \quad (2)$$

где S – энтропия системы;

n – количество транспортных районов в городе, ед.;

h_{ij} – значение корреспонденции между районом отправления i и районом прибытия j , пасс.

Недостаток энтропийных моделей заключается в формировании МПК на основе лишь одного транспортного параметра, в то время как задача определения спроса на передвижения является многокритериальной [8]. Вызывает также сомнение наличие аналогии функционирования транспортных систем городов с термодинамическими системами.

Еще одной подгруппой априорных моделей являются все гравитационные модели. В основу получения МПК согласно базовой гравитационной модели положен физический закон притяжения тел. Фактически метод расчета заключается в пропорциональном распределении емкостей отправления из транспортных районов на основе значения одного транспортного фактора. Формализация данной гипотезы имеет следующий вид:

$$h_{ij} = HO_i \frac{HP_j \cdot c_{ij} \cdot k_j}{\sum_m^n HP_m \cdot c_{im} \cdot k_m}, \quad (3)$$

где HO – ёмкость транспортного района по отправлению, пасс.;

HP – ёмкость транспортного района по прибытию, пасс.;

c_{ij} – величина функции тяготения между i -ым и j -ым транспортными районами;

k_{ij} – калибровочный коэффициент.

При данном способе моделирования МПК особого внимания заслуживает вопрос формализации функции тяготения c_{ij} .

Классическая функция тяготения определяется исходя из гипотезы об наличии обратной взаимосвязи между величиной пассажирской корреспонденции и расстоянием между транспортными районами:

$$c_{ij} = l_{ij}^{-n}, \quad (4)$$

где l_{ij} – расстояние между i -ым и j -ым транспортными районами города, км;

n – показатель степени, $n > 0$.

Значение n в классической гравитационной модели принимается единице, в то время как в модели А. М. Якшина $n = 2$. Вместо величины l_{ij} может приниматься время передвижения между i и j транспортными районами или некоторые совокупные затраты на выполнение передвижения. В свою очередь А. А. Поляков [3, 8] предлагает варьировать значение n в зависимости от изменения c_{ij} , что по утверждению автора, позволяет более точно определить фактические потребности в передвижениях.

Функции тяготения экспоненциальной группы в общем виде представляются как:

$$c_{ij} = \exp(-\beta \cdot k_{ij}), \quad (5)$$

где k_{ij} – показатель, характеризующий степень «притяжения» между i и j транспортными районами; β – эмпирический коэффициент.

Комбинированная группа представления функции тяготения представляет собой симбиоз описанных выше двух групп и в общем виде имеет следующую аналитическую интерпретацию:

$$c_{ij} = k_{ij}^n \cdot \exp(-\beta \cdot k_{ij}). \quad (6)$$

В работах [9, 10] утверждается, что использование функции тяготения вида (7) позволяет повысить уровень достоверности получения информации о спросе на трудовые передвижения

$$c_{ij} = \frac{1}{(1 + k_{ij})^{\varphi(k_{ij})}}. \quad (7)$$

Отдельного внимания заслуживают функции тяготения, основанные на закономерности расселения населения городов. Так, например, Г.А. Гольц, основываясь на гипотезе о нормальности расселения населения города, предложил следующий вид функции тяготения:

$$c_{ij} = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-t^2 / (2 \cdot \sigma^2)}, \quad (8)$$

где σ – параметр закона распределения, определяющийся по «правилу трех сигм», $\sigma = T_{\max} / 3$.

Основным недостатком априорных моделей является необоснованность использования аналогии формирования спроса на услуги ГПТ с физическими законами. Помимо этого модели данной группы формализуют функцию притяжения на основе лишь одного транспортного параметра.

Анализ интервального моделирования МПК. Интервальная концепция моделирования матрицы пассажирских корреспонденций [11] кардинальным

Список литературы: 1. *Спирин, И. В.* Перевозки пассажиров городским транспортом : Справочное пособие [Текст] / *И. В. Спирин.* – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 413 с. 2. *Заблоцкий, Г. А.* Методы расчета потоков пассажиров и транспорта в городах [Текст] / *Г. А. Заблоцкий* ; под ред. А. К. Старинкевич. – М. : ЦНТИ по гражд. строит. и архит., 1968. – 92 с. 3. *Ефремов, В. С.* Теория городских пассажирских перевозок : учеб. пособие для вузов [Текст] / *В. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин.* – М. : Высшая школа, 1980. – 535 с. 4. Проблемы транспортных систем : монография [Текст] / под ред. *В. К. Доли.* – Харьков : ХГАДТУ, 1999. – 100 с. 5. *Fratar, T. J.* Vehicular Trip Distribution by Successive Approximation [text] / *T. J. Fratar* // *Traffic Quarterly.* – 1954. – № 8. – р. 53 – 65. 6. *Булычева, Н. В.* Расчет пассажиропотоков и оптимизация параметров маршрутных схем [Текст] / *Н. В. Булычева, В. П. Федоров* // Математические методы в управлении городскими транспортными системами. – 1979. – С. 65 – 90. 7. *Ortuzar, J. de D.* Modelling transport. Third edition [text] / *J. de D. Ortuzar, L. G. Willumsen.* – John Wiley & Sons Ltd. 2006, – 499 p. 8. *Заблоцкий Г. А.* Транспорт в городе [Текст] / *Г. А. Заблоцкий.* – Киев : Будивельник, 1986. – 96 с. 9. *Лозе, Д.* Моделирование транспортного предложения и спроса на транспорт для пассажирского и служебного транспорта – обзор теории моделирования [Текст] / *Д. Лозе* // Сборник докладов 7-й междунар. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». – 2006. – С. 170 – 186. 10. *Шаров, М. Г.* Совершенствование метода оценки транспортного спроса на перевозки городским пассажирским транспортом : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 [Текст] / *М. Г. Шаров.* – И., 2008. – 19 с. 11. *Горбачов, П. Ф.* Нова концепція моделювання потреб населення у трудових пересуваннях міським пасажирським транспортом [Текст] / *П. Ф. Горбачов* // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2009. – № 27. – С. 210 – 214. 12. *Любий, Є. В.* Визначення попиту на пересування населення малих міст маршрутним пасажирським транспортом : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 [Текст] / *Є. В. Любий.* – Х., 2012. – 22 с.

Поступила в редколлегию 10.09.2013

УДК 656.072

Современные проблемы моделирования матриц пассажирских корреспонденций в средних городах / Гончаренко С. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.83-88. – Бібліогр.: 12 назв.

Проведено аналітичне дослідження актуальних питань побудови моделей попиту населення міст на послуги пасажирського міського транспорту. Представлено критичний аналіз існуючих методів та моделей отримання матриць пасажирських кореспонденцій.

Ключові слова: пасажирська кореспонденція, маршрутна мережа, функція тяжіння, пасажирські пересування.

The analytical research on modern questions concerning original-destination matrix construction has been held. The critical analyses are showed which concerns the existing methods and models of original-destination matrix modeling.

Keywords: passenger correspondence, the route network, the function of gravity, passenger movement.

УДК 656.013

Н. В. ПОТАМАН, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харьков

КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Проведен анализ в области повышения эффективности управления цепями поставок продукции. Выделены недостатки существующей системы распределения продукции с использованием цепей поставок.

Ключевые слова: спрос, цепь поставок, эффективность, прогнозирование.

© Н. В. ПОТАМАН, 2013

Введение. На данный момент цепи поставок продукции являются невероятно сложными объектами с многочисленными динамическими элементами и разнообразными видами взаимодействий. Повышение эффективности управления цепями поставок продукции, как цель исследований, постоянно находится в поле зрения ученых [1-8]. В результате, появляются новые рекомендации, как повысить эффективность цепей поставок путем координации, обмена информацией, прогнозированием спроса и т.д.

Целью работы. Целью работы является выявление особенностей развития цепей поставок продукции и определение концепции повышения эффективности управления цепей поставок продукции.

Методика экспериментов. Изучению теоретических и практических аспектов повышения эффективности управления цепями поставок посвящены научные работы отечественных и зарубежных авторов: Баллоу Р.Х., Бауэрсокс Д. Дж., Д. Форрестер, Аникин А.Б., Воркут А.И., Воркут Т.А., Гаджинский А.М., Домнина С.В., Миротин Л.Б. и др. Изначально управление цепями поставок трактовалось как координация потока материалов от поставщика к производителю и далее — через каналы распределения к конечному покупателю [1]. В дальнейшем координация развилась до интеграции ключевых бизнес-процессов, а участники цепи стали принимать во внимание потребности конечного клиента [3; 4]. Большинство работ по исследованию цепей поставок сосредоточено на решении вопроса: как сделать цепь поставок более «бережливой» (lean) [5] либо более «гибкой» (agile) [6]. «Бережливый» подход к цепи поставок подразумевает сокращение издержек за счет уменьшения объема товарных запасов, активного применения практики поставок «точно в срок», снижения производственных издержек посредством совместного планирования и т.п., что является эффективным решением, например, для стандартизированной продукции. «Гибкая» цепь поставок оперативно реагирует на изменения спроса, причем как на количественные, так и на качественные его параметры [8].

Обсуждение результатов. Системный подход к изучению спрос-ориентированных цепей поставок позволяет выделить три составных функциональных модуля (рис.).

Оптимизация СОЦП в целом возможна при условии оптимальности каждого из модулей. При этом оптимальным каждый модуль является при условии минимизации издержек функционирования.

Критерий оптимальности транспортно-складской системы:



Рис. – Функциональные модули спрос-ориентированных цепей поставок

$$Z_{TCC} = Z_{tr} + Z_{xp} + Z_{zk} + Z_{n/p} + Z_{cc}, \quad (1)$$

где Z_{tr} – затраты на транспортировку, грн/т;

Z_{xp} – затраты на хранения продукции на складе, грн/т;

Z_{zk} – затраты на замораживание капитала, грн/т;

$Z_{n/p}$ – затраты на погрузку/разгрузку продукции, грн/т;

Z_{cc} – затраты на содержание склада, грн/т.
 Критерий оптимальности информационно - управляющей системы:

$$Z_{ИУС} = Z_{и.в.ц.} + Z_{ц.в.с.}, \quad (2)$$

где $Z_{и.в.ц.}$ – затраты на обработку информации внутри сети, грн/т;

$Z_{ц.в.с.}$ – затраты на обработку информации между цепью и внешней средой, грн/т.

Проблема развития системы прогнозирования спроса в современных условиях стала особенно актуальной [12]. На данный момент в литературе есть много методов прогнозирования спроса [13-15] (табл.).

Таблица – Основные методы прогнозирования спроса

Название метода	Суть метода	Недостатки
Модели на основе формул, составленных экспертами в предметной области	Результат работы моделей данного типа легко интерпретируется, значение коэффициента a_i , подобранного экспертом, можно интерпретировать, как степень влияния фактора $X_{(i)}$ на прогноз. Модели данного класса очень легко запрограммировать и применить к большому количеству объектов без существенных затрат машинного времени. Кроме того, эти модели идеально подходят для анализа “коротких” рядов.	Необходимо прекрасное знание экспертом предметной области и наличие самого эксперта. Готовые модели данного класса, как правило, учитывают лишь прошлую историю продаж и не учитывают такие важные факторы, как активность конкурентов, рекламная компания, отсутствие запасов на складе и т.д., кроме того практически ни один, даже самый продвинутый специалист в предметной области не сможет обработать и поставить правильно коэффициенты $a_{(i)}$ для большого количества факторов влияющих на прогноз
Статистические модели.	К моделям данного класса относятся ARMA, ARIMA, а также множество других моделей, коэффициенты которых считаются автоматически, например, на основе метода наименьших квадратов (МНК).	Основным недостатком данных моделей являются высокие требования, которые они предъявляют к анализируемому процессу, например требование о стационарности процесса, что на практике как правило не выполняется.
Полиномиальные модели и в частности линейная регрессия	Модели данного типа позволяют моделировать плохо формализуемые процессы, при этом чисто теоретически полином достаточно высокой степени может найти любую нелинейную зависимость между прогнозируемой величиной и влияющими на нее факторами.	Основная проблема в применении данного подхода заключается в так называемом "проклятии размерности" т.е. с ростом количества влияющих факторов и степени нелинейности их влияния на прогноз резко возрастает число корректируемых параметров многочлена и как следствие растет объем обучающей выборки необходимой для построения многочлена.

Нейросетевые модели.	<p>Для построения нейросетевой модели нет необходимости задавать степень влияния входных параметров на прогнозируемую величину. Привлечение эксперта необходимо лишь для указания входных факторов, коэффициенты (веса нейросети) будут рассчитаны алгоритмом в процессе построения (обучения) нейросети. Сама модель может учитывать не только прошлую историю продаж, но и множество других параметров влияющих на прогнозируемую величину, при этом нейросеть способна выявить любую нелинейную зависимость между прогнозируемой величиной и факторами влияющими на прогноз, нейросети намного меньше подвергаются "проклятию размерности" в сравнении с полиномами.</p> <p>Кроме того нейросетевые алгоритмы относятся к так называемым адаптивным алгоритмом, т.е. если ситуация на рынке меняется, то нейросеть автоматически приспосабливается (переучиваются) к новому поведению рынка, т.е. коэффициенты модели подправляются автоматически.</p>	Сложность построения и обучения
----------------------	---	---------------------------------

Выводы. Спрос – ориентируемые цепи поставок продукции можно считать результатом эволюционного развития логистических систем. Основанием для развития СОЦП как интеграционного образования являются изменчивость и наследственность как основные движущие силы эволюционного развития.

Наиболее перспективным путем для моделирования спрос – ориентируемых цепей поставок является модульный принцип. При этом модель можно построить из конечного числа первичных элементов – модулей. Оптимизация СОЦП (как модульной структуры) заключается в нахождении оптимального числа и сочетания функциональных модулей, максимизирующую функцию ожидаемой полезности.

На наш взгляд для прогнозирования спроса на транспортные услуги нейронные сети идеально подходят для моделирования плохо формализуемых процессов, а большинство бизнес-процессов являются плохо формализуемыми, т.е. как правило, известен лишь набор факторов влияющих на прогнозируемую величину и абсолютно непонятно, как именно они на нее влияют.

Список литературы: 1. *Oliver K., Webber M.* Supply chain management: Logistics catches up with strategy. In: Christopher M. (ed.) Logistics, The Strategic Issues./ *Oliver K., Webber M.*// Champan and Hall: London; 63–75. 2. *Кристофер М.* Логистика и управление цепочками поставок / *Под общ. ред. В.С. Лукинско*го // СПб.: Питер, 2004. – 316 с. 3. *Cooper M., Lambert D., Pagh J.* Supply chain management: More than a new name for logistics / *Cooper M., Lambert D., Pagh J.*// The International Journal of Logistic Management 8 (1), 1997. - 1–14. 4. *Смирнов И.* Логистика: территориальные цепи сбыта и их проектирование / *И. Смирнов* // Дистрибуция и логистика. – 2003. – № 2. – С. 12–22. 5. *Goldman S., Nagel R., Preiss K.* Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching Customer./ *Goldman S., Nagel R., Preiss K.*// Van Nostrand Reinhold: N. Y., 1995. 6. *Christopher M.* The agile supply chain — competing in volatile markets. / *Christopher M.* // Industrial Marketing Management 29 (1), 2000: 37–44. 7. *Бауэрсокс Дональд Дж.* Логистика: интегрированная цепь поставок /

Бауэрсокс Дональд Дж., Клосс Дейвид Дж.; пер. с англ. // М.: ЗАО "Олимп - Бизнес", 2001. – 640с.
8. Ляшенко Н. И. Модель оптимизации трехуровневой подсистемы распределения в интегрированной логистической цепи поставок / Н. И. Ляшенко // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Збірник наукових праць. – Одеса, 2006 – Випуск 27. – С. 137 – 149.
9. Форрестер Дж. Основ кибернетики предприятия (Индустриальная динамика) / Дж. Форрестер // М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
10. Уотерс, Д. Логистика. Управление цепью поставок / Д. Уотерс // М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
11. Сайд Б. Научитесь выстраивать цепочки поставок / Б. Сайд // Логинфо, 2001. – №10. – С.51–54.
12. Туревский Н. И. Экономика отрасли. Автомобильный транспорт / Н. И. Туревский // Форум, Инфра М, 2008. – 288с.
13. В. В. Давнис Прогнозные модели экспертных предпочтений / В. В. Давнис, В. И. Тиняков // Воронеж.: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 248 с.
14. А. В. Калина Современный экономический анализ и прогнозирование (микро- и макроуровни) / А. В. Калина, М. И. Конева, В. А. Яценко // К.: МАУП, 2003. – с. 412-414.
15. Е. М. Четыркин Статистические методы прогнозирования / Четыркин Е. М. // М., Статистика, 1977. – 200с.

Поступила в редколлегию 20.09.2013

УДК 656.013

Концепция повышения эффективности управления цепями поставок / Потаман Н. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.88-92. – Бібліогр.: 15 назв.

Проведено аналіз у сфері підвищення ефективності управління ланцюгами постачань продукції. Виділено недоліки існуючої системи розподілу продукції з використанням ланцюгів постачань.

Ключові слова: попит, ланцюг постачань, ефективність, прогнозування

The analysis of efficiency of supply chain management products. Identified deficiencies in the current system of distribution of products using the supply chain.

Keywords: demand, supply chain efficiency, forecasting of.

УДК 656.61.052

А. Г. СТЕПАНЕНКО, канд. техн. наук, доц., Одеська національна морська академія, Одеса

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ

Приведены требования Кодекса Международной Конвенции по подготовке, дипломированию моряков и несению вахты (STCW-95) и Кодекса управления безопасностью эксплуатации судов и охраны морской среды (ISM-92) для проведения предварительной подготовки к предстоящему плаванию и помимо подбора пособий и карт и выполнения предварительной прокладки требуют анализировать точность определения местоположения судна.

Ключевые слова: судно, безопасность, точность, стандарт точности, судовождение, охрана морской среды, анализ.

Введение. Кодекс Международной Конвенции по подготовке, дипломированию моряков и несению вахты (STCW-95) и Кодекс управления безопасностью эксплуатации судов и охраны морской среды (ISM-92) требуют проведения предварительной подготовки к предстоящему плаванию и помимо подбора пособий и карт и выполнения предварительной прокладки требуют анализировать точность определения местоположения судна. В кодексе STCW-95 в перечне минимума знаний для капитанов и их старших помощников требуется не только уметь определять место судна всеми возможными способами, но и анализировать точность полученного места (таблица А-II/2) [1].

© А. Г. СТЕПАНЕНКО, 2013

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами. Судовождение является прикладной наукой, изучающей теоретические и практические вопросы, связанные с выбором оптимально пути судна в море и обеспечения точного следования выбранным путем. Выбранный путь считают оптимальным, если он безопасен и эффективен. Безопасность обеспечивают, в первую очередь, средствами навигации и лоции. Эффективность выбранного пути для мореплавания является кратчайшим по времени, позволяющий максимально уменьшить расходы средств на его преодоление.

Если в открытых водах морей и океанов судоводитель имеет свободу выбора оптимально пути, то в стесненных прибрежных водах, особенно в узкостях, на подходах к портам и в портовых водах он ограничен рекомендованными путями и фарватерами. Чем более стеснен навигационными опасностями путь судна, тем тщательнее и точнее необходимо выдерживать его движение [5].

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Основные принципы такого анализа были изложены в Резолюции ИМО А.529(13) «Стандарты точности судовождения», принятой 17 Ноября 1983 года.

Этот документ является руководством для Администраций по стандартам точности судовождения, которые должны применяться при оценке систем для определения места судна. Эти стандарты не применяются к специализированным видам деятельности, таким как разведка ресурсов морского дна или гидрографические работы [2-3].

Судоводителю необходимо знать своё место на любой момент времени. Для этого необходимы точные обсервации, а если получение таких обсерваций не может производиться непрерывно, то должен иметься метод оценки места судна между обсервациями, в качестве которого может использоваться счисление. Требования к точности зависят от различных факторов, включая скорость судна и расстояние до ближайшей навигационной опасности.

Целью статьи. Является необходимость проанализировать установленные стандарты точности с учетом использования новейших технических средств судовождения. Появление более сложных радиолокационных и спутниковых систем, способных вырабатывать более точные навигационные параметры и охватывать обширную территорию, привели к тому, что Резолюция ИМО А.529(13) – 1983г. утратила планируемое ей значение, хотя все же остается очень важным документом. В резолюции ИМО А.953(23), принятой 5 декабря 2003 года излагаются эксплуатационные требования к всемирной радионавигационной системе, носящие общий характер, чтобы им мог отвечать целый ряд систем. Все системы должны быть такими, чтобы ими могло пользоваться неограниченное количество судов.

Изложение материала исследований с обоснованием полученных результатов приведено непосредственно в тексте статьи. Целью установления этих стандартов является снижение риска навигационных аварий и повышение безопасности судов, находящихся на них людей и грузов, охрана окружающей среды [4].

Планирование частоты обсерваций и расстояний до ближайших навигационных опасностей выполняют в зависимости от способа определения места, точности результатов этих определений и скорости судна.

Резолюция А.529(13) разделяла рейс судна на две стадии:

1. вход в гавань, подходы к ней, а также воды, в которых ограничена свобода маневра; и
2. другие воды.

На первой стадии судовождение осуществляется, как правило, путём визуальных наблюдений, с помощью радиолокатора, эхолота и т. д., либо с помощью специальных радионавигационных систем. Требования к точности на этой стадии зависят от местных обстоятельств и не регламентируются ИМО. Деление на эти две стадии не является точным. Стандарты точности, установленные ИМО для судов, следующих со скоростью не более 30 узлов, были приведены в табл. 1:

Таблица 1 – Стандарты точности, установленные ИМО для судов

Стадия рейса	Порядок точности судовождения
Вход в гавань и т.д.	В зависимости от местных обстоятельств.
Другие воды	4% расстояния от опасности с максимумом в 4 морские мили.

Точность судовождения, которую может ожидать судоводитель при использовании какой-либо системы, зависит от точности места, полученного с помощью этой системы и от промежутка времени, прошедшего с момента последней обсервации по системе.

Поскольку точность обсервации по системе зависит от систематических и случайных ошибок, она может быть охарактеризована лишь с определенной степенью вероятности. За стандартную оценку точности места судна Международной Морской Организацией принята 95% фигура погрешностей, т.е. фигура, охватывающая площадь, на которой может находиться судно с вероятностью 95% [3].

Погрешностью измерения называется величина отклонения от истинного значения измеряемой величины.

Погрешности бывают **систематические** и **случайные**.

Систематическая погрешность – это погрешность, которая не изменяет или незначительно изменяет своё значение с течением времени. Учесть или исключить влияние такой погрешности можно путем определения и учета поправок к измеряемой величине.

Случайная погрешность – непостоянна по времени, возникает под влиянием большого количества мелких причин, её изменения не имеют закономерности. В каждом конкретном случае заранее предсказать и учесть её значение невозможно.

Международная Ассоциация Маячных Служб (МАМС) предложила свой вариант стандартов точности судовождения в зависимости от зоны плавания и назначения объекта для которого определяются координаты (табл. 2).

Для определения места судна точность до 1 метра не требуется, поэтому Международной Морской Организацией после тщательного изучения всех предложений были представлены на обсуждение несколько вариантов разделения плавания на зоны и требуемая точность в зависимости от условий плавания и близости навигационных опасностей.

Таблица 2 – Стандарты точности судовождения (минимальные требования к морским пользователям – предложение МАМС)

Районы использования (фазы)	Точность координат, м (вероятность 95%)
Океан	10 – 100
Прибрежные воды	10
Стесненные воды	10
Портовые воды	1
Внутренние водные пути	10
Гидрография	1 – 2
Океанография	10
Установка средств навигационного оборудования	1

В этой резолюции также обсуждались различные навигационные системы, которые применяются для определения места судна и были изложены требования к Глобальным Навигационным Спутниковым Системам (GNSS) и даны описания зон плавания:

Океанское судовождение – за пределами континентального шельфа (глубины более 200 м) и более чем 50 миль от берега.

Минимальными требованиями к этой фазе плавания считается предусмотренная точность от 2 до 4 морских миль с желательным периодом определения места 15 минут (максимум 2 часа).

Прибрежное судовождение – в пределах 50 миль от берега или в зоне континентального шельфа, ограниченного глубинами 200 м.

В этой фазе плавания международной практикой установлено, что минимальные требования к системе судовождения должны быть: способность устанавливать местоположение судна с точностью до 0,25 мили и желательным периодом определения места около 2 минут (но не более 15 минут).

Подходы к гавани – эта фаза переход от прибрежного судовождения к плаванию в гавани. Такие воды находятся вблизи или в границах входа в бухты, реки или гавани, где суда обслуживают средства навигационного оборудования разных типов (включая маяки, радиолокационные маяки-ответчики, створные и секторные огни, буи и т.п.). в этой фазе находятся обычно зоны лоцманской проводки и системы контроля за движением судов. Безопасность мореплавания в таких зонах требует более тщательной оценки точности местоположения судна по сравнению с фазой прибрежного плавания. В таких районах используют частоту обсерваций в пределах 10 секунд, что обеспечивает GPS и DGPS. Но невозможно наносить позицию на карты традиционным способом в такие короткие промежутки времени, поэтому применяют устройства вывода изображения электронных карт ECS или ECDIS на электронные карты.

Стесненные воды – похоже на фазу подхода к гавани. Требования к обеспечению безопасности предусматривают, чтобы системы судовождения давали точное подтверждение местоположения судна непрерывно или почти непрерывно, информацию о любой тенденции судна отклониться от заданного пути и срочного определения направления, которого судно должно придерживаться согласно с установленным курсом.

Эти требования не всегда возможно удовлетворить визуальными средствами и с помощью радиолокатора, но можно решить с помощью комбинированной системы DGPS и электронных карт [3].

Проанализировав вышеизложенное можно представить требования к точности в виде таблицы, приведенной в научной статье авторами: Козырь Л.А., Михайленко Ю.Ю., Тригорлый С.С.:

Современные требования судовождения к планированию рейса и развитию системы удержания судна на заданном пути с учетом различных имеющихся способов определения места судна можно представить в виде следующей табл. 3.

Таблица 3 – Современные требования судовождения к планированию рейса и развитию системы удержания судна

Фазы Судовождения	Абсолютная точность (с вероятностью 95%)	Покрытие	Доступность	Промежутки между определениями места
Океанская	Минимум 2-4 мили, желательно 1 – 2 мили	Глобальное	99%	Желательно 15 минут, но не более 2-х часов.
Прибрежная	0,25 мили	В пределах 50 миль от берега или в пределах континентального шельфа.	99,7%	2 минуты
Подходы к гавани	10 – 100 метров	Подходы к порту	99%	6 – 10 секунд
Стесненные воды	10 – 100 метров	Особые зоны	99%	6 – 10 секунд

Выводы и перспективы работы по данному направлению. Многие государства приняли национальные стандарты точности судовождения на основании требований ИМО.

Государственная гидрография Украины предложила допустимые средние квадратические погрешности (СКП) места судна, которые соответствуют Резолюциям ИМО А.529(13) и резолюции А.860(20).

Эти стандарты не привязаны к конкретным портам и не оговаривают возможность использования технических или визуальных способов определения места по каждому региону украинских вод, что позволяет ввести требования к стандартам точности судовождения в Обязательных постановлениях по каждому конкретному морскому торговому порту.

В резолюции ИМО А.953(23), принятой 5 Декабря 2003 года излагаются эксплуатационные требования к всемирной радионавигационной системе, носящие общий характер, чтобы им мог отвечать целый ряд систем. Все системы должны быть такими, чтобы ими могло пользоваться неограниченное количество судов.

В резолюции излагаются процедуры и обязанности в отношении признания систем, требования к судовому приемному оборудованию, периодичности обновления данных на дисплее, надежности, доступности сигналов.

Таблица 4 – Национальные стандарты точности судовождения в Украине

Зона плавания	Допустимая СКП определения места судна	Частота определений	Допустимое время обработки навигационных параметров
Зона стесненного плавания: -акватории портов, гаваней; -узкие (100-200 м) каналы и фарватеры; Прибрежная зона: - фарватеры шириной 2-20 кбт. -системы разделения движения.	50 – 20 метров	Непрерывно	Мгновенно
Рекомендованные пути до 25 миль от берега	0,15 ширины канала, фарватера.	1 – 5 минут	0,5 – 1 мин.
Рекомендованные пути более 25 миль от берега	0,2 ширины фарватера или полосы одностороннего движения	1 – 5 минут	0,5 – 1 мин.
Зона открытого моря	1 – 5 кабельтовых	10 – 30 минут	1 – 3 минуты
	2% от расстояния до берега но не более 2-х миль или	20 – 30 минут	1 – 3 минуты
	2% от расстояния до ближайшей навигационной опасности, но не более 2-х минут	1 – 2 часа	5 – 10 минут
		2 – 4 часа	10 – 15 минут

Так, периодичность обновления данных о местоположении судна на дисплее должна быть чаще, чем один раз каждые 10 секунд. Если рассчитанные данные используются для АИС или ECDIS, то периодичность обновления данных должна быть чаще, чем через каждые 2 секунды.

Радионавигационная система должна обеспечивать информацию о местоположении судна с вероятностью 95% для плавания на входах в порты и прибрежных водах – с ошибкой, не превышающей 10 метров, а для плавания в открытом море – с ошибкой, не превышающей 100 метров.

Предупреждение о недоступности системы или о прекращении ее работы должно направляться пользователям при плавании на входах в порты и в прибрежных водах в течение 10 секунд, а при плавании в открытом море, насколько это практически осуществимо, с помощью систем информации по безопасности на море.

Список литературы: 1. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року (консолідований текст з манільськими поправками) [Текст]. - К: ВПК «Експрес-

Поліграф», 2012. – 568с. **2. Алексішин В.Г.** Обеспечение навигационной безопасности плавания [Текст] / В.Г. Алексішин, Л.А. Козир, С.В. Симоненко. – Одесса: «Феникс», Москва: «ТрансЛит», 2009. – 517с. **3. Козырь Л.А.** Оценка точности места судна [Текст] / Л.А.Козырь. – Одесса, 1999. – 24с. **4. Стадниченко С.М.** Управление командой и ресурсами мостика [Текст] / С.М. Стадниченко – Одесса: «ТЭС», 2007. – 212 с. **5. Железный, Г. М.** Справочник капитана [Текст] / Г.М. Железный, А.И. Задорожный. – Одесса: «КП ОГТ», 2011. – 548 с.

Поступила в редколлегию 10.09.2013

УДК 656.61.052

Обеспечение навигационной безопасности плавания / Степаненко А. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.92-98. – Бібліогр.: 5 назв.

Приведені вимоги Кодекса Міжнародної Конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти (STCW-95) та Кодекса управління безпекою експлуатації суден і охорони морського середовища (ISM-92) для проведення попередньої підготовки до наступного плавання та крім підбору посібників і карт і виконання наступної прокладки вимагають аналізувати точність визначення місцеположення судна.

Ключові слова: судно, безпека, точність, стандарти точності, судноводіння, охорона морського середовища, аналіз.

Are the requirements of the Code of the International Convention on training, certification and Watchkeeping for seafarers (STCW-95) and the Code of safety management operation of ships and protection of the marine environment (ISM-92) for the preliminary preparation for the upcoming swimming and in addition to the selection of manuals and maps and the pre-strip require analyze the accuracy of determining the location of the vessel.

Keywords: ship security, accuracy, precision standard, navigation, protection of the marine environment analysis.

УДК 629.015

Н. В. КОЛОМИЕЦ, аспирант, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара

МАНЕВРЫ ОРБИТАЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ ГРУППЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОЙ ТЯГИ

Рассмотрены модели маневров формирования и удержания групп космических аппаратов с двигателями малой тяги. Основной задачей является разработка программы управления двигателями, оптимизированной относительно минимальных затрат топлива. В работе рассмотрен метод построения оптимальных траекторий относительно орбит с высоким значением эксцентриситета. Для демонстрации решения данной задачи были взяты различные конфигурации маневров при формировании и удержании космических аппаратов.

Ключевые слова: малая тяга, оптимизация траектории, высокоэллиптическая орбита, линеаризация уравнений относительного движения, параметрическая задача оптимизации

Введение. Вопрос формирования различных спутниковых группировок является одним из самых актуальных для будущего развития космической деятельности. Использование, простых в построении, групп малых космических аппаратов (КА), сформированных в жесткую конструкцию, дает возможность отказаться от использования крупногабаритных систем используемых сейчас. Построение групп спутников существенно увеличивает эффективность использования интерферометрического оборудования, но из-за расположения

© Н. В. КОЛОМИЕЦ, 2013

целевых датчиков и средств обнаружения приводит к ограничению в построении более широких структур, в связи с ограничениями, связанными с технологической проблемой стабилизации общей структуры. Использование двигателя малой тяги на борту КА позволяет существенно сократить массогабаритные характеристики спутника, что в свою очередь снижает класс ракетоносителя при выведении [1].

В ходе выведения и эксплуатации производятся различные динамические операции - коррекция поддержания высоты орбиты (коррекция большой полуоси) и фазового положения (разведение КА), прохождения трассы (смещение фазы КА и долготы его трассы). Для выполнения перечисленных операций целесообразно использовать корректирующие двигательные установки малой тяги, так как они могут быть установлены на борту малых КА, обеспечивая при этом большой ресурс, высокий удельный импульс, надежность и точность отработки коррекции, отсутствие импульса последствия [2].

Для реализации многоцелевых миссий используют маневры формирования, которые требуют ввода или вывода спутников, относительно общей конфигурации построения. Влияния возмущающих сил учитывают программы маневров поддержания группировки на орбите с сохранением геометрии взаиморасположения спутников. Совокупность использования двух этих маневров с двигателем малой тяги представляет собой поставленную задачу построения оптимальных траекторий. Перегруппировка заключается в достижении каждым спутником новой, заданной позиции для формирования новой геометрии структуры построения, а маневр поддержания являет собой перемещение всех спутников группировки с сохранением предыдущей геометрии структуры построения.

Существует четыре типа оптимальных решений для переходов между близкими околокруговыми компланарными орбитами.

Одно из решений реализуется с помощью фиксированной ориентации двигательной установки (ДУ) по трансверсали в орбитальной системе координат; другое – при фиксированной ориентации ДУ в инерциальной системе координат. У третьего и четвертого типов решений ориентация ДУ изменяется в процес ее исполнения маневра.

Установлены области существования всех типов решений. Предложены алгоритмы для определения параметров этих маневров [3].

Цель статьи. В данной статье разработан метод, который позволил рассчитать последовательность оптимальных управляющих воздействий на основе дискретизации дифференциальных связей и параметризации элементов управления.

Методика экспериментов. Математическая модель движения спутника, составлена из дифференциальных связей в виде системы линейных, дифференциальных, зависящих от времени уравнений, описывающих относительное движение каждого спутника с учетом ярко-выраженной эллиптичности орбиты.

Основные результаты. Сложность дифференциальных связей и ограничений, накладываемых на оптимизацию движения, для каждого спутника, требует существенных вычислительных мощностей. Для сокращения параметров оптимизации, уравнения описывающие динамику процесса были подвержены дискретизации, используя переходную матрицу состояния и дискретную свертку, считая управление постоянным в течение одного шага дискретизации. В этом случае, дифференциальные уравнения приняли вид ограничений в виде системы уравнений, а пределы уровня тяги двигательной установки ввели ограничения на

параметры оптимизации. Для реализации проверки работы алгоритма управления используется полная нелинейная модель движения, учитывающая несимметричность гравитационного поля Земли и сопротивление атмосферы. Вместо контролирования траектории, используя классический принцип обратной связи, разработанная программа управления заключается в проверке того, что реальная траектория остается в непосредственной близости оптимальной, компьютерной. Когда ошибка становится больше установленного порога, проводится новая оптимизация, вычисляется новое оптимальное управление. Таким образом, окончательные маневры перегруппировки и поддержания составляют собой серию оптимальных траекторий.

Учитывая, что параметры орбит в оскулирующей форме группы спутников изменяются плавно, линеаризованная динамика движения описывает с хорошей точностью движение элемента в формировании. Кроме того, линеаризация уравнений так же позволяет снизить вычислительную мощность, требуемую для расчета траектории. Расположение центра системы координат может быть сосредоточено как относительно спутника, состоящего в группе, так и относительно виртуального спутника, который представляет собой центр масс всей группировки. Ось Ox совпадает с радиальным направлением (S), ось Oz – бинормальное направление (W), единичный вектор h^0 ($h=r \times v$), ось Oy – трансверсальное направление (T), дополняет ортогональную систему до правой. В общем случае эллиптической орбиты для выбранной системы координат, линеаризованные уравнения движения будут иметь вид:

$$\frac{d}{d\vartheta} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \\ y \\ \dot{y} \\ z \\ \dot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3+e \cos \vartheta}{1+e \cos \vartheta} & \frac{2e \sin \vartheta}{1+e \cos \vartheta} & \frac{-2e \sin \vartheta}{1+e \cos \vartheta} & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{2e \sin \vartheta}{1+e \cos \vartheta} & -2 & \frac{e \cos \vartheta}{1+e \cos \vartheta} & \frac{2e \sin \vartheta}{1+e \cos \vartheta} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{1+e \cos \vartheta} & \frac{2e \sin \vartheta}{1+e \cos \vartheta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \\ y \\ \dot{y} \\ z \\ \dot{z} \end{bmatrix} + \frac{(1-e^2)^3}{(1+e \cos \vartheta)^4 n^2} \left(\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \right) \quad (1)$$

где ϑ – истинная аномалия, e – эксцентриситет, $n = \sqrt{\mu/a^3}$ – тяговооруженность, a – большая полуось орбиты, μ – гравитационная постоянная, u и p – вектора управления и возмущений.

Формулу (1) можно также записать в более компактном виде как общий случай линейной нестационарной модели

$$\dot{x} = A(\vartheta)x(\vartheta) + B(\vartheta)u(\vartheta) + C(\vartheta)p(\vartheta)$$

где \mathbf{x} – вектор состояния, γ – приведенная величина времени. Есть два основных преимущества, которые мы получаем, используя линеаризованные уравнения динамики в случае эксцентрических орбит. Первым является то, что для опорной орбиты с малым эксцентриситетом эффекты от аппроксимации возмущений с помощью уравнений Хилла сопоставимы с теми, которые дают основные возмущающие силы (несимметричное гравитационное поле земли, сопротивление атмосферы). Вторым является то, что уравнение (1) позволяет рассмотреть вопрос формирования группы спутников на опорной орбите с эксцентриситетом $e=0,74$ «Молния». Чтобы свести задачу оптимизации к задаче параметрической оптимизации, уравнение (1) подвергается дискретизации, используя переходную матрицу состояния Φ для невозмущенного движения. В дискретной форме уравнение (1) примет вид

$$\mathbf{x}_{k+1} = \Phi_{k+1,k} \mathbf{x}_k + N_k \mathbf{u}_k + D_k \mathbf{p}_k \quad (2)$$

где интегралы (2) были рассчитаны автором [4] с использованием метода трапеций и предположением, о неизменных величинах управления и возмущений на каждом отрезке времени.

Чтобы использовать только управляющую составляющую как параметр оптимизации, проведена дискретная свертка выражения. Вектор состояния в любой момент времени может быть выражен как функция начального вектора состояния и управляющего воздействия [5]. Компактно это может быть записано в виде

$$\mathbf{x}_k = A_k \mathbf{u}_k + \mathbf{b}_k^* \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} A_k &= [\Phi^{(k-1,k)} N_0 \quad \Phi^{(k-2,k)} N_1 \quad \dots \quad \Phi^{(0,k)} N_{k-1}] \\ \mathbf{u}_k &= [u_0^T \quad u_1^T \quad \dots \quad u_{k-2}^T \quad u_{k-1}^T]^T \\ \mathbf{b}_k^* &= \Phi^{(k,k)} \mathbf{x}_0 \\ \Phi^{(j,k)} &= \begin{cases} \Phi^{(k)} \dots \Phi^{(k-1)} \Phi^{(k-j+1)}, & 2 \leq j \leq k \\ \Phi^{(k)}, & j = 1 \\ I, & j = 0 \end{cases} \quad \Phi^{(k)} = \Phi_{k,k-1}; \end{aligned}$$

если учесть влияние сил возмущений, то (3) примет вид

$$\mathbf{x}_k = A_k \mathbf{u}_k + \mathbf{b}_k^* + A_k \mathbf{p}_k$$

В случае рассмотрения возмущенной опорной орбиты, дискретной составляющая вектора \mathbf{p}_k представляет собой характерные возмущения, действующие на спутник. Что не было учтено при выводе формулы (3). Рассмотренная аппроксимация оправдывает себя только, когда речь идет о близкорасположенных формированиях спутников с малыми межугловыми расстояниями и аналогичными геометрическими и инерционными свойствами.

Задача оптимального управления представляет собой составление целевой функции, исследовании ее на экстремум и дальнейшей минимизации решения с учетом различных ограничений, заданных в виде уравнений и неравенств. В процессе перегруппировки, каждый спутник должен переходить из своего исходного состояния \mathbf{x}_0 в конечное \mathbf{x}_{fin} . Продолжительность маневра в этом случае определена и равна kT_s , где k это количество шагов дискретизации, требуемых для совершения маневра, а T_s период дискретизации. Вводя вспомогательный вектор \mathbf{b} , и опуская индекс k в уравнениях ограничений, относительно динамики движения, получим результат

$$b = x_{fin} - b_k^* - A_k p_k$$

$$Au = b$$

ограничения на режим работы двигательной установки малой тяги записываются в виде неравенств

$$-u_e \leq u \leq u_e$$

$$u_e = \left[(u_{max,x}, u_{max,y}, u_{max,z})^T \dots (u_{max,x}, u_{max,y}, u_{max,z})^T \right]$$

Целевая функция вводится с учетом оптимальных затрат топлива. Для маневров формирования, целевая функция запишется в виде нормированной суммы квадратов элементов управления [5]:

$$f = \frac{u^T u}{2u_e^T u_e^T} \quad (4)$$

Учитывая то, что в маневре используется не один спутник с соответствующим набором векторов u , b и матрицы A для уравнения (3), количество шагов дискретизации k , должно быть принято достаточно малым, чтобы гарантировать, что число параметров оптимизации согласуется с вычислительными требованиями работы алгоритма.

На каждом шаге дискретизации и для каждого спутника, погрешность в построении структуры выбирается относительно номинального значения, и определяет все возможные позиции для формирования группы. Когда спутник выходит из трубки допустимых значений, проводится оптимальный маневр, возвращающий величину погрешности в номинальное значение. Таким образом, оптимальная траектория может быть вычислена сразу после того, как выбрана длительность совершаемого маневра и определено конечное положение.

Следует так же отметить, что различие в некоторых результатах, может оказаться довольно ощутимым, если сравнивать результаты вычислений с учетом выше изложенных допущений с результатами более реалистичной модели. Учитывая то, что алгоритм программы управления должен обеспечивать высокую точность относительно взаимного расположения спутников, вместо расчета идеальной траектории была использована динамическая коррекция при расчете оптимальной траектории. Что позволило снизить уровень ошибки и достичь требуемой точности. Реальная траектория для каждого спутника может быть вычислена по следующей формуле

$$\ddot{r} = -\frac{\mu}{r^3} r + p + u$$

где p - это вектор всех возмущающих сил действующих на спутник, а u - вектор управления, результат решения оптимизационной задачи. В случае, когда разница между реальной и рассчитываемой траекториями становится выше допустимого значения, начинается процесс корректировки траектории. Процесс корректировки заключается в минимизации целевой функции (4).

Результирующей реальной траекторией, окажется результат от воздействия серии последовательных оптимальных управляющих воздействий. Кроме того, время, затрачиваемое на расчет оптимальной траектории с динамической коррекцией, всегда меньше времени для расчета оптимальной траектории в целом, а экономия топлива выше. В самом деле, использование полученной первоначальной оптимизированной траектории без последующей коррекции, потребует непрерывного вспомогательного управления соизмеримого с силами возмущений по величине.

Рассмотрены и проанализированы различные варианты маневров космических аппаратов на орбите, представляющие хорошую работоспособность представленного алгоритма оптимизации движения.

Для демонстрации работы алгоритма относительно маневра формирования группы космических аппаратов были выбраны следующие параметры опорных орбит для группы, состоящей из 3 спутников. Рассмотрены два варианта, маневр поднятия группировки на более высокую орбиту (с 200м на 600м в трансверсально-бинормальной плоскости), и вывод спутникового формирования с первоначальной опорной орбиты на высокоэллиптическую.

$$\begin{array}{llllll}
 a = 7178000 \text{ м}, & e = 0, & i = 90^\circ, & \Omega = 0, & \omega = 0, \\
 a = 26000000 \text{ м}, & e = 0,74, & i = 63^\circ, & \Omega = 0, & \omega = 0, \\
 m = 450 \text{ кг}, & n = 5 \cdot 10^{-4}, & I_s = 1500 \text{ с}, & & &
 \end{array}$$

Траектории, представляющие конфигурационные маневры представлены на рис.1. Суммарные импульсы скорости и время вычислений, затрачиваемые на совершение и расчет маневров представлены в табл.

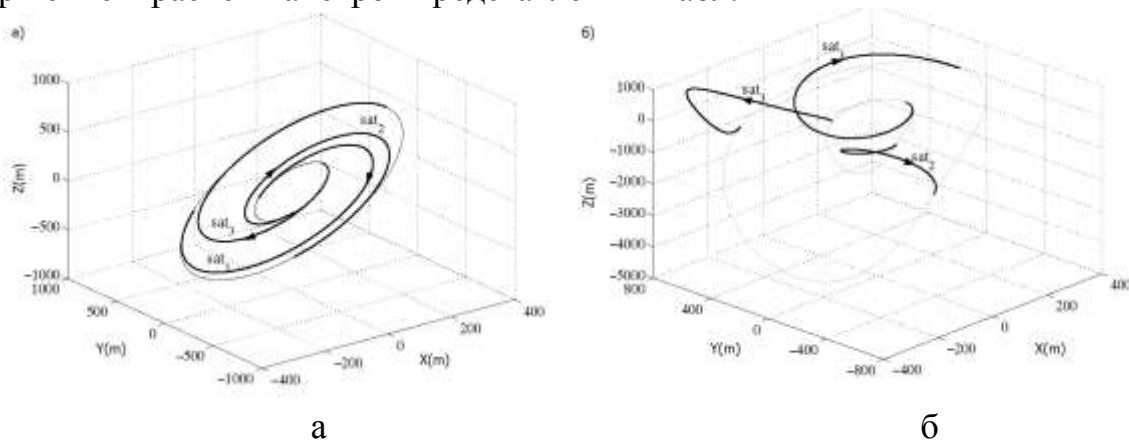


Рис. 1 – Маневр перегруппировки формирования из трех спутников: а – для опорной круговой орбит, б – для опорной орбиты «Молния»

Таблица – Характеристические скорости и время вычислений для двух рассмотренных вариантов, соответственно

	Δv (мм/с), варианта	Δv (мм/с), вариант б)
Спутник 1	510,1	823,8
Спутник 2	535,9	1294,1
Спутник 3	462,3	1635,9
Время вычислений, с	4,87	4,75

Цифры, отвечающие за время вычислений, были получены используя процессор IntelCore-i3 1.93 Ghz. Такой результат позволяет для тесно сгруппированных формирований спутников учитывать риск столкновения и рассчитывать маневры перегруппировки в реальном времени. Потому как в сравнении с шагом дискретизации вычислительное время, требуемое для расчета оптимальной траектории, значительно меньше.

Результаты поддержания на орбите спутниковой группировки для рассмотренных выше двух вариантов опорных орбит представлены на рис. 2. Условиями коррекции является выход из коробки значений $\pm 5\text{м}$ в радиальной плоскости и $\pm 10\text{м}$ в трансверсальной и бинормальной, что применимо при

использовании интерферометрических радиолокаторов с синтезированной апертурой для учета деформации Земли.

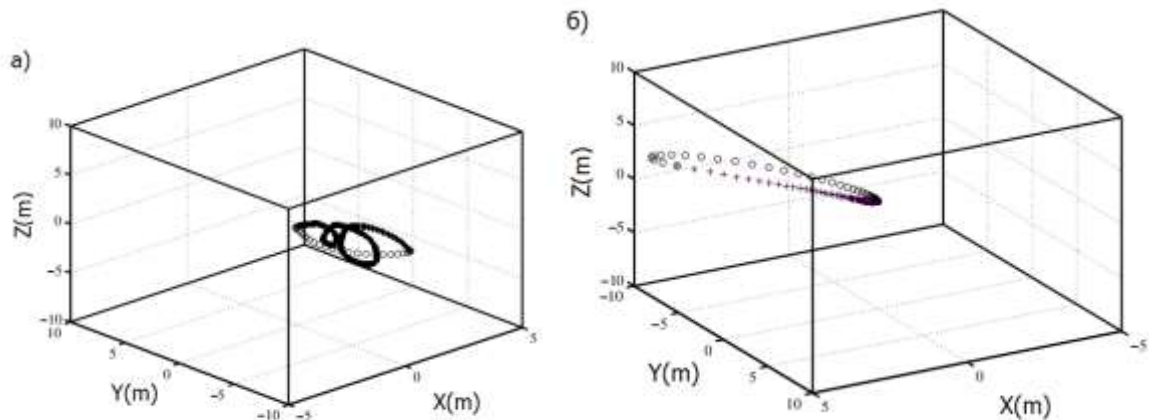


Рис. 2 – Маневры поддержания формирования: а – для круговой, б – высокоэллиптической опорных орбит

Из рис.2 можно сделать следующие выводы: в случае круговой орбиты, маневр поддержания осуществляется через каждые три оборота, длительность активного участка траектории составляет 4% периода обращения, характеристическая скорость для одного спутника 4,8 мм/с; в случае высокоэллиптической орбиты, маневр поддержания проводится на каждом витке, длительность составляет 52% периода обращения, характеристическая скорость для одного спутника 5,2 мм/с; символами «o» - обозначен активный участок траектории, а «+» - пассивный.

Выводы. В заключение можно отметить следующие результаты. Продемонстрирована работа разработанного алгоритма для различных вариантов формирования и поддержания групп спутников с учетом минимальных затрат топлива. Данный метод довольно общего характера, что позволяет внедрить в него дополнительные условия ограничений. Использование динамической корректировки позволяет существенно упростить и сократить расчеты оптимальной траектории при этом, поддерживая уровень точности позиционирования на удовлетворительном уровне. В данном алгоритме можно учитывать не только несимметричность гравитационного поля Земли и атмосферное сопротивление, но и другие влияния возмущающих сил путем добавления их в составляющую возмущающих ускорений. Время вычислений, предложенного алгоритма оптимизации во всех рассмотренных вариантах не превышало шага дискретизации. Исходя из линеаризации уравнений движения, данная методика справедлива в случае использования двигателей малой тяги, ввиду плавно изменяющихся параметров орбит. Кроме того, необходимость в прогнозировании в режиме реального времени подразумевает продолжительность маневра соизмеримого с периодом обращения на опорной орбите. Большая длительность маневра потребует большего числа узлов дискретизации следовательно, большего времени вычислений.

Список литературы: 1. Кондратьев А.И. Перспективы применения электроракетных двигателей на малых космических аппаратах. Сборник научных трудов / А.И.Кондратьев, А.В.Хитко, Н.М.Дронь. — Д.: Изд-во ДНУ, 2008. - №14. 2. Сытин О.Г. Проектные оценки параметров коррекции орбит космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с двигателями

малой тяги / *О. Г. Сытин, А. А. Чернов* // Космонавтика и ракетостроение. – 2009. – № 2 (55). – С. 22–35. **3.** *Баранов А.А.* Формирование и поддержание орбит КА с помощью двигателей малой тяги / *А. А. Баранов, В. Ю. Разумный* // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. – 2010. – № 52. – 32 с. **4.** *Inalhan G.* Relative Dynamics and Control of Spacecraft Formations in Eccentric Orbits / *G. Inalhan, J. P. How, M. Tileron* // Journal of Guidance, Control and Dynamics. - Vol. 25. - № 1. - January-February 2002. **5.** *Лазарев Ю.Н.* Управление траекториями аэрокосмических аппаратов / *Ю. Н. Лазарев*. – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2007. – 274 с

Поступила в редколлегию 20.09.2013

УДК 629.015

Маневры орбитальных переходов группы космических аппаратов с использованием малой тяги / Коломиец Н. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С. 98-105. – Бібліогр.: 5 назв.

Розглянуто моделі маневрів формування й утримання груп космічних апаратів з двигунами малої тяги. Основним завданням є розробка програми управління двигунами, оптимізованої щодо мінімальних витрат палива. У роботі розглянуто метод побудови оптимальних траєкторій щодо орбіт з високим значенням ексцентриситету. Для демонстрації рішення даної задачі були взяті різні конфігурації маневрів при формуванні та утриманні космічних апаратів.

Ключові слова: мала тяга, оптимізація траєкторії, високоеліптична орбіта, лінеаризація рівнянь відносного руху, параметрична задача оптимізації.

This article is dedicated about a problem of low-thrust formation and retention maneuvers for the formation flying in different conclusions including various cases within high elliptical and circular reference orbits. The thrust control, which is optimized for minimum cost of fuel was developed. To demonstrate the solution of this problem were taken different configurations maneuvers in the formation and retention of satellites.

Keywords: low thrust, trajectory optimization, high elliptical orbit, linearization equation system of relative movement, parametric optimal problem.

УДК 519.85:61

Д. І. КУНАШЕВ, аспірант, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

АВТОМАТИЗОВАНА КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ КЛІТИН ПАЦІЄНТА З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Обґрунтовано актуальність автоматизації процесів діагностики захворювань на основі аналізу зображень клітин пацієнтів з їх попередньою автоматизованою кластеризацією. Вказано перспективність використання штучного інтелекту, зокрема штучних нейронних мереж, які є сучасним, ефективним та потужним засобом автоматизації в умовах неповноти та зашумленості аналізованої інформації, наприклад, при цитологічних дослідженнях.

Ключові слова: автоматизована кластеризація, штучний інтелект, штучні нейронні мережі.

Вступ. Найважливішу роль в медицині відіграє діагностика і постановка діагнозу, що може проводитись на основі аналізу результатів цитологічних досліджень, зокрема зображень клітин пацієнта. Точність та швидкість, з якою його можна провести та поставити правильний діагноз залежать від дуже багатьох факторів в тому числі від застосування сучасних методів та засобів автоматизації розпізнавання зображень клітин та, відповідно до цього, діагностування клінічного стану пацієнта. Засобом встановлення зв'язку між зображенням клітин пацієнта та його клінічним станом є автоматизована кластеризація зображень клітин.

© Д. І. КУНАШЕВ, 2013

Постановка проблеми. Аналіз останніх джерел і публікацій [1, 8 - 11] вказує на актуальність та перспективність автоматизації процесів медичної діагностики в тому числі при цитологічних дослідженнях, що передбачає автоматизовану обробку зображень клітин пацієнтів з їх попередньою автоматизованою кластеризацією.

Літературний огляд. На основі аналізу медичних помилок при діагностуванні різних захворювань пацієнтів запропонувати підходи до їх зменшення шляхом автоматизації діагностичних досліджень, зокрема розпізнавання зображень клітин пацієнтів, що базуються на застосуванні штучних нейронних мереж.

Необхідність застосування автоматизованих систем діагностики захворювань обумовлюється значною кількістю помилково поставлених діагнозів, що спричиняється впливом, як правило суб'єктивних факторів, наприклад помилок лікарів при діагностуванні захворювань пацієнтів навіть в передових країнах Світу щодо медичного обслуговування [2, 6, 12]. Так, наприклад, за даними Інституту медицини Національної академії наук США, внаслідок передбачуваних медичних помилок в американських лікарнях щорічно гине від 44 до 98 тис. чоловік, і за цим показником лікарські помилки займають 8-е місце в списку основних причин смерті [2, 12].

Лікарські помилки можуть бути:

1. суб'єктивними, коли лікарські помилки виникають з вини медичного працівника, наприклад, в наслідок недостатності досвіду, знань, неухважності або халатності;

2. об'єктивними, коли лікарські помилки виникають не з вини медичного працівника, вони можуть бути:

– методичними, наприклад, в наслідок недосконалості методу діагностування;

– інструментальними, наприклад, внаслідок недосконалості медичної апаратури, її застарілості або відсутності тощо.

Однією із найбільш частих причин лікарських (медичних) помилок є неналежна організація лікувально-діагностичного процесу, вона займає одне з перших місць серед причин іншого характеру [2, 12].

Крім того, зростання кількості лікарських помилок обумовлено дуже великим обсягом вхідної інформації (результатів медичних обстежень, попередніх діагнозів, клінічного стану хворого, інформації щодо медичних препаратів, які приймалися пацієнтом та врахування їх протипоказань тощо) при медичних обстеженнях та встановленні діагнозу. Також, на успішність діагностування захворювання, в кожному конкретному випадку, впливає величезний обсяг накопичених знань та досвіду щодо конкретних захворювань, кількість яких на сьогодні перевищує 10 тис., їх симптомів і синдромів – 100 тис., операцій та їх модифікацій, лабораторних, цитологічних, біологічних, клінічних та інших методів діагностики – десятки тисяч [12].

Величина обсягу такої інформації вказує на складність її засвоєння та врахування однією особою і є результатом зростання вказаних лікарських помилок.

Основна частина. Підвищення рівня безпеки та якості надання медичної допомоги визначається багатьма факторами. Особлива роль в цьому належить сучасним автоматизованим медичним технологіям, в тому числі при аналізі зображень клітин пацієнта, який використовується при діагностуванні захворювань та встановленні діагнозу.

Очевидно, що діагностика захворювань на основі аналізу зображень клітин передбачає обробку значних об'ємів різноманітної інформації, яка характеризує стан та вигляд клітини при різних клінічних станах пацієнта. Ця інформація, як правило, має різномірний характер, а також не тільки кількісну форму представлення, але і якісну. Відповідно клітини пацієнта в залежності від його клінічного стану можуть мати специфічні особливості щодо таких своїх характеристик та ознак як кількість та розташування клітин; наявність структурних утворень; збереження форми клітини; розмір клітини та розмір ядра; наявність багатоядерних клітин; співвідношення клітинно-ядерних розмірів; стан цитоплазми, її обсяг, секреція, вакуолізація тощо. Наприклад, при діагностиці патологічних утворень оцінюють більше десятка елементів цитологічної картини таких як:

- розмір клітин (розмір клітин, що є джерелом пухлинного утворення перевершує розміри нормальних клітин);
- форма клітин (форма патологічної клітини не відповідає формі нормальної клітини. Крім того може визначатися виразний клітинний поліморфізм, тобто наявність клітин різних розмірів і форми);
- ядерно-цитоплазматичне співвідношення;
- багатоядерність клітин;
- атипічність розташування ядра;
- розмір, форма та контур ядра тощо.

Очевидно, що відповідний стан хворого визначається значним потоком даних та множиною параметрів стану аналізованих клітин – крові, плазми, шкіряних покривів тощо. При цьому в зображеннях досліджуваних клітин можуть бути відсутні значні фрагменти або спостерігатись суттєве зашумлення інформація. Це вказує на те, що задача кластеризації зображень клітин є складноформалізованою задачею розпізнавання образів в складних умовах, яка вимагає застосування новітніх математичних та програмних методів і засобів для її ефективного вирішення. Крім того кластеризація зображень клітин пацієнта є засобом встановлення логічного формалізованого взаємозв'язку між клінічним станом хворого та станом і виглядом його клітин. Кластеризація зображень клітин пацієнта передбачає виконання багатомірної статистичної процедури направленої на збирання різномірних даних, що містять інформацію про аналізовані клітини та впорядкування їх в порівняно однорідні групи. При цьому сутність кластеризації клітин полягає в тому, що вся множина клітин повинна бути розбита на декілька груп або підмножин, які не перетинаються, таким чином, щоб об'єкти, що потрапили в одну групу, мали подібні характеристики, у той час як у об'єктів з різних груп ці характеристики повинні значно відрізнитися. Отримані групи називаються кластерами. Вихідними значеннями для кластеризації клітин виступає так званий багатомірний вектор їх ознак (x_1, x_2, \dots, x_n) , де $n \in \overline{1, N}$ – множина ознак клітин (рис.1).

З врахуванням вказаного автоматизована кластеризація зображень клітин пацієнта повинна відповідати певним вимогам щодо забезпечення:

- подальшого свого розвитку, необхідність чого обґрунтовується постійним розвитком і ускладненням лабораторних досліджень клітин та методів діагностики захворювань на основі зображень клітин;
- автоматизованої обробки представленої інформації;
- постійної актуалізації інформації про об'єкти кластеризації, у тому числі відповідність їхніх показників, а також фізико-хімічних властивостей відповідним

захворюванням;

сумісності системи кластеризації і формалізації зображень клітин та захворювань і симптомів з можливістю їх взаємодії в загальній інформаційно-медичній системі, за рахунок використання єдиної науково-методичної основи, а

також новітніх інформаційних методів і технологій, що забезпечує створення формалізованого функціонального взаємозв'язку між станом клітин та симптомами відповідних захворювань із змістовною, безбитковою, лаконічною, інформативною та однозначною структурою.

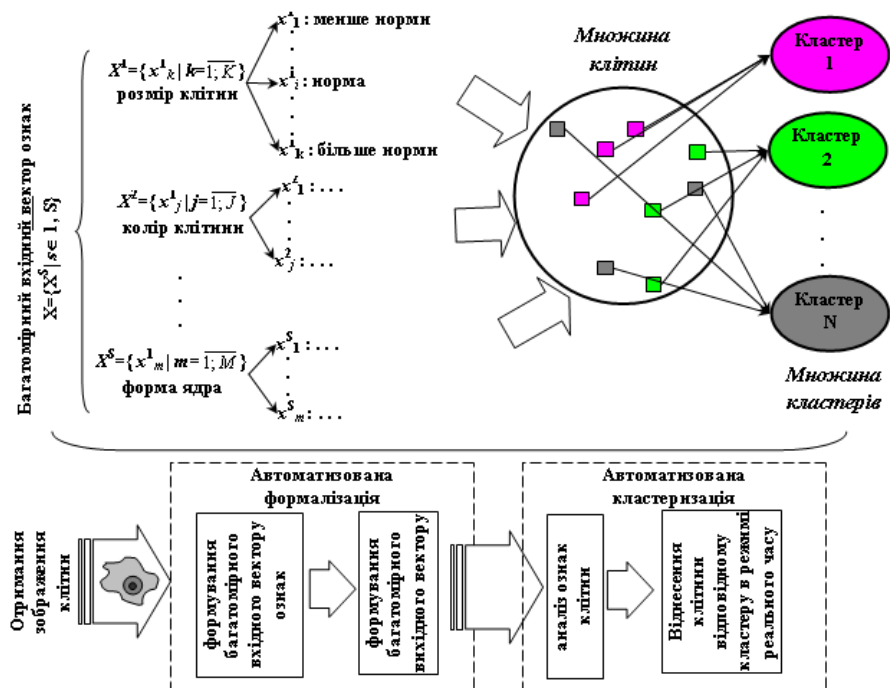


Рис. 1 – Графічне представлення сутності та змісту автоматизованої кластеризації зображень клітин

Забезпечити автоматизацію процесу кластеризації клітин з перспективою прискорення процесу аналізу та підвищення точності результатів дослідження можливо шляхом використання різних математичних методів, алгоритмів та засобів автоматизації що дозволяють здійснювати обробку цитологічних зображень. В таких умовах ефективним є використання штучного інтелекту – нечіткої логіки (fuzzy logic), генетичних алгоритмів або штучних нейронних мереж (ШНМ). Зокрема, особливо успішно для вирішення широкого кола задач розпізнавання образів, серед яких особливе місце займають задачі кластеризації використовується апарат ШНМ [3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11] – набір математичних і алгоритмічних методів, наприклад, ШНМ Кохонена, яка дозволяє динамічно змінювати структуру вхідних та вихідних даних, що визначається постійним розвитком та ускладненням лабораторних досліджень клітин та методів діагностики захворювань на основі зображень клітин. Це вигідно відрізняє її від інших ШНМ, зокрема ШНМ Хопфілда, ШНМ Хеммінга, багатошарового персептрону, мережі з радіальними базисними елементами (RBF) тощо [7, 10].

В контексті вирішуваної задачі ШНМ дозволяють автоматизувати обробку вихідної інформації, зокрема кластеризацію зображень клітин пацієнта з використанням множини їх (клітин) характеристик та ознак, складним чином пов'язаних між собою та віднесення об'єкта кластеризації відповідному кластеру в режимі реального часу навіть в умовах відсутності частини інформації щодо зображення клітини, її достовірності та зашумленості. Крім того, висока оперативність та ймовірність обробки інформації, а також простота первинного навчання та здатність до перенавчання дозволяють при зміні зовнішніх факторів

вчасно здійснювати перехід на нові види розв'язуваних задач.

ШНМ являють собою обчислювальні структури, здатні до адаптивного навчання шляхом реакції на позитивні і негативні впливи [3, 4, 5, 7, 10]. В основу побудови ШНМ покладений елементарний перетворювач, що називають штучним нейроном (ШН) або просто нейроном за аналогією з його біологічним прототипом. ШН є складовою частиною нейронної мережі. Структурна схема ШН представлена на рис. 2, він складається з елементів трьох типів – помножувачів, які грають роль синапсів, суматора і нелінійного перетворювача. Синапси здійснюють зв'язок між нейронами, множать вхідний сигнал x_i на коефіцієнт, що характеризує силу зв'язку (вагу синапсу) w_i . Суматор додає сигнали, що поступають по синаптичним зв'язкам від інших нейронів, і зовнішніх вхідних сигналів. Нелінійний перетворювач реалізує нелінійну функцію виходу f суматора, яка називається функцією активації або передатною функцією нейрона. Схематично модель ШН прийнято представляти у вигляді кола, що має декілька входів та один вихід, що позначаються відповідними лініями (рис. 3). Математична модель нейрона має вид:

$$\begin{cases} NET = \sum_{i=1}^p w_i x_i, \\ OUT = F(NET - \theta), \end{cases} \quad (1)$$

де NET – зважена сума вхідних сигналів;

w_i – вага синапсу, $i=0, 1, 2, \dots, p$;

x_i – компонента вектору вхідного сигналу, $i=1, 2, \dots, p$;

p – число входів нейрона;

θ – значення зсуву;

OUT – вихідний сигнал нейрона;

F – нелінійний перетворювач, що реалізує функцію активації $OUT = f(NET)$.

Паралельний зв'язок окремих нейронів утворює ШНМ, яка взаємодіє з об'єктами реального навколишнього середовища, причому зв'язки між ШН характеризуються вагами. У ШНМ нейрони пов'язані таким

чином, що виходи одних поєднані із входами інших нейронів. ШНМ має шарову структуру та являє собою динамічну систему з топологією направленою графа, яка може виконувати переробку інформації шляхом зміни свого стану у відповідь на постійний або імпульсний вхідний сигнал. [3,5]. Така ШНМ складається із ШН, що зв'язані між собою синапсами та вагами, отриманими при навчанні. Причому, сигнали передаються тільки в одному напрямку з попереднього шару на наступний через так звану точку розгалуження, тобто елемент, що посилає вихідний сигнал нелінійного перетворювача на вхід декількох ШН наступного шару (рис. 4).

Причому всі нейрони, в залежності від розташування і функції, що ними

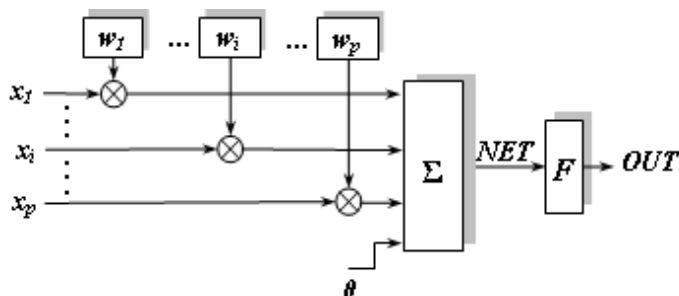


Рис. 2 – Структурна схема штучного нейрону

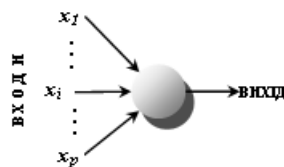


Рис. 3 – Схематична модель ШН

виконуються в мережі, поділяються на три типи: вхідні нейрони – на них подається вектор вхідного впливу, в більшості мереж має тільки вхідні зв'язки; вихідні нейрони – вихідні значення яких є виходами нейронної мережі, звичайно, має тільки вхідні зв'язки; проміжкові (приховані) нейрони – складають основу нейронних мереж. Класичною є трьохрівнева архітектура ШНМ (рис. 4) [3-5,7,10], загальна структура якої містить три основні частини.

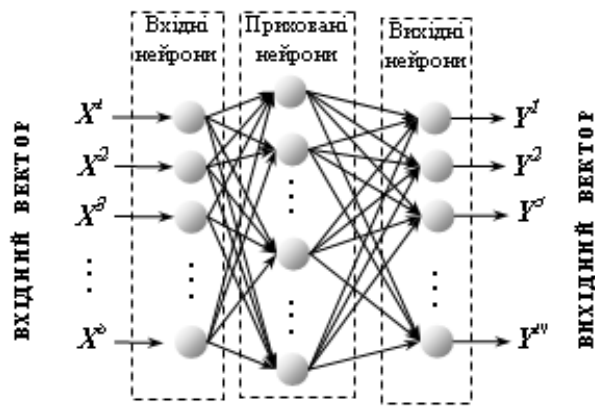


Рис. 4 – Схематична модель ШНМ

При функціонуванні ШНМ у ній

здійснюється перетворення вхідної інформації, в результаті чого деякі параметри x_1, \dots, x_n об'єкта кластеризації, представлені у вигляді так званих вхідних векторів $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, перетворюються у вихідний сигнал OUT , що представляється вектором $Y = \{y_1, \dots, y_m\}$, а складові $x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m$ векторів X, Y відповідають ознакам і кластерам відповідно.

Апробація результатів досліджень. Автоматизація кластеризації зображень клітин з використанням технології ШНМ вимагає попередньої та коректної підготовки даних, що полягає у формалізованому представленні ознак клітин у виді так званих вхідних векторів з врахуванням особливостей ШНМ. Ця підготовка даних полягає у розбитті кластерної множини на групи за вибраним методом кластеризації з наступним векторним представленням визначених кластерів з врахуванням вимог технології ШНМ [3, 7]. Конкретний вид перетворення даних, що виконується ШНМ, визначається не тільки характеристиками штучних нейронів, що складають її, а також особливостями архітектури, зокрема вибором підмножин нейронів для вводу та виводу даних. В зв'язку з цим синтез ШНМ для автоматизованої кластеризації зображень клітин пацієнта вимагає попереднього вирішення задач визначення компонент вхідного та вихідного векторів з наступним вибором кількості нейронів, їх входів та шарів ШНМ. Так наприклад, ШНМ Кохонена структуровано представляється штучними нейронами з числом входів, що дорівнює числу компонент вхідного та вихідного вектору [7]. Вказане представляється сукупністю вхідних векторів $\{x^1, \dots, x^s\}$ з n_i

кластерними ознаками кожний:

$x^s = \{x_1^s, \dots, x_{n_i}^s\}$, де s – кількість

груп кластерних ознак множини клітин та вихідних векторів y^1, \dots, y^n , кожен з яких може відповідати певному симптому або захворюванню.

Таким чином, вирішення задачі автоматизованої кластеризації зображень клітин, передбачає попередню та коректну підготовку даних. Вона полягає в розбитті кластерної множини на кластери з використанням

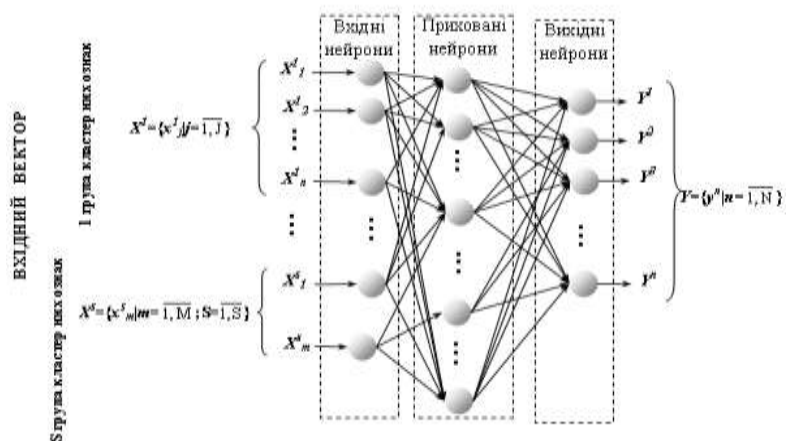


Рис. 5 – Схематична модель ШНМ для автоматизованої кластеризації зображень клітин пацієнта

відповідних методів – фасетного методу, ієрархічного, дискрипторного тощо. Крім того, множина клітин повинна бути розбита на кластери таким чином, щоб досягти мінімальної кількості входів ШНМ тому, що велика кількість входів ШНМ може призвести до ускладнення задачі, навчання ШНМ та збільшення кількості помилок при кластеризації. Відповідно до вимог НМ-технології кожний кластер повинен бути описаний набором ознак об'єкта з їх формалізованим представленням та у вигляді так званих вхідних векторів. Структура ШНМ для автоматизованої кластеризації зображень клітин при цьому може мати вид представлений на рис.5.

Висновки. Використання засобів автоматизації розпізнавання зображень клітин пацієнта позитивно впливають на проведення клінічних спостережень пацієнтів, за рахунок підвищення швидкості збирання та узагальнення результатів різних лабораторних досліджень, точності, правильності та швидкості постановки діагнозу. Сучасним потужним засобом, що лежить в основі вказаного є використання ШНМ, що дозволяють при проведенні діагностичних досліджень на рівні аналізу зображень клітин пацієнта, проводити їх розпізнавання в режимі реального часу навіть при умовах пошкодження, відсутності значних фрагментів інформації досліджуваних зображень або значної зашумленості вхідної інформації, що безперечно вказує на перспективність застосування ШНМ при проведенні сучасних медичних діагностичних досліджень.

Список літератури: 1. Fatma Taher, Naoufel Werghi, Hussain Al-Ahmad, Rachid Sammouda, (2012). Lung Cancer Detection by Using Artificial Neural Network and Fuzzy Clustering Methods. American Journal of Biomedical Engineering, № 2(3), 136-142. 2. National Center for Health Statistics. [Electronic resource], Access mode: <http://www.cdc.gov/nchs/> 3. BaseGroupLabs, (2002). Analytical Deductor Professional package [USER MANUAL], 184. 4. Anyl K. Jain, (1996). Introduction to Artificial neural network, Mychyhanskyy State University, USA. 144. 5. G.K. Voronovskyy, K.V. Mahotylo, S.N. Petrashev, S. A. Sergeev Voronovskyy, (1997). Artificial neural networks and problems of the Virtual Reality, G. K. Henetycheskye algorithms, ed. Voronovskoho GK, H.: Base, 112. 6. Vrachebnaya error. [Electronic resource], Access mode: <http://topclinic.org/Vrachebnaja-oshibka.asp> 7. Zaentsev I. V., Neural network, Basic model, Voronezh, (1999). 76. 8. Zolyn A.G., Silaev A.Y., Application of neural networks in medicine, [electronic resource], Access mode: <http://www.creativeconomy.ru/articles/25938/> 9. Semeryakova E.G. (2012). Mathematical methods in problems of diagnosis medytsynskoy . E. G. Semeryakova, O.G. Berestneva, L.S. Makarova. Modern problems of science and education, Number 6. [Electronic resource], Mode of access: <http://www.science-education.ru/106-7472> 10. Tarkhov D. A. (2005). Models and algorithms. Moscow: Radiotechnics, 168 p. 11. Hlyvnenko L. A., Vasiliev V. V., Pyatakovich F. A., (2010). Opportunities solutions diagnostically medical problems with help of design neural networks. Medytsynskye scienc, № 12, 75-79. 12. Sharabchyev Y. T., (2007). Socio-Economic aspects and the loss of the Public health. Medytsynskye news, № 13., 32-39.

Надійшла до редколегії 18.09.2013

УДК 519.85:61

Автоматизована кластеризація зображень клітин пацієнта з використанням штучного інтелекту / Кунашев Д. И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.105-112. – Бібліогр.: 12 назв.

Обоснована актуальность автоматизации процессов диагностики заболеваний на основе анализа изображений клеток пациентов с их предварительной автоматизированной кластеризацией.

Указано перспективность использования искусственного интеллекта, в частности искусственных нейронных сетей, которые являются современным, эффективным и мощными средством автоматизации в условиях неполноты и зашумленности анализируемой информации, например, при цитологических исследованиях.

Ключевые слова: автоматизированная кластеризация, искусственный интеллект, искусственные нейронные сети.

Actuality systems of diagnostics of diseases based on image analysis of cells in patients with previous automated clustering. Specified perspectives of artificial intelligence, including artificial neural networks that is modern, efficient and powerful means of automation in terms of incompleteness and noisiness of the analyzed information, such as cytology.

Keywords: automated clustering, artificial intelligence, artificial neural network.

УДК 627.71

Д. П. КОЛОМИЕЦ, ст. преп., Киевская государственная академия водного транспорта им. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного;

В. И. ЧИМШИР, канд. техн. наук, доц, зав. каф., Измаильский факультет Одесской национальной морской академии

О НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА

Проведен анализ перспектив развития инфраструктуры внутренних водных путей с использованием речных информационных систем. Выделены основные структурные элементы современной речной информационной системы. Определены основные проблемы стоящие на пути повышения безопасности судоходства под управлением речных информационных систем.

Ключевые слова: речная информационная система, безопасность судоходства, функционирование, внутренние водные пути.

Введение. Современное состояние и перспективы развития инфраструктуры внутренних водных путей определяются многими взаимосвязанными факторами. Большую часть факторов объединяет необходимость повышения безопасности судоходства, которая в свою очередь выделяет ряд направлений развития, в числе которых: повышение эффективности использования инфраструктуры внутренних водных путей и совершенствование системы управления судоходством в целом.

Для решения поставленной задачи важно рассмотреть перспективы развития данных систем их структуру и функции.

На сегодняшний день речные информационные системы (РИС) стали неотъемлемой частью Государственной системы обеспечения безопасности судоходства. Данные системы создаются на акваториях морских портов и на подходах к ним, а также на всей протяженности внутренних вод.

Рассмотрению вопроса повышения безопасности судоходства на основе речных информационных систем посвящено большое количество трудов учёных высших учебных заведений и публикаций специалистов предприятий морской администрации Украины. Например, в работе [1] рассмотрено использование стандартов, кодов и процедур электронного обмена данными в информационном обеспечении Дунайского судоходства путём внедрения систем NAVTEX, COMPRIS, INDRIS и АИС. Для повышения безопасности управления судном рекомендовано выполнить синтез специальной информационной структуры отображения навигационной ситуации [2]. В работе [3] освещены современные системы и береговые средства обеспечения навигационной безопасности лоцманской проводки судов.

Проведенный анализ демонстрирует важность исследований в направлении

повышения безопасности судоходства с использованием современных средств передачи, обработки и хранения информации.

Целью данного исследования является выявление проблем стоящих на пути развития речных информационных систем в направлении повышения безопасности судоходства.

РИС представляет собой совокупность специальных сооружений, технических средств, персонала и организационных мер, которые в свою очередь подразделяются по назначению и особенностям и действуют в целях повышения уровня безопасности и эффективности судоходства, охраны жизни на водных путях, защиты водной среды и побережья, береговых и шельфовых сооружений.

В составе развитой структуры РИС находятся Центры РИС, в которых обрабатывается и анализируется поступающая информация, принимаются управляющие решения и осуществляется взаимодействие с судами, а также информационные радиотехнические посты, где располагаются источники информации, и средства связи.

С точки зрения эффективности расположения Центров РИС, определены следующие категории, связанные с назначением и особенностями района действия, а также с официально объявленными границами действия:

- портовые, действуют на акваториях обслуживаемых портов и на основных путях подхода к ним;
- прибрежные, осуществляют контроль за судоходством во внутренних водах и прилегающей зоне с расположенными на ней транзитными путями движения судов, районами промысла морепродуктов и добычи полезных ископаемых на шельфе;
- региональные, образуются на основе объединения нескольких портовых или портовых и прибрежных РИС. Район действия - совокупность районов действия портовых и прибрежных РИС.

В Центрах РИС размещаются технические средства, оборудование и персонал для обработки информации. Обработка информации полностью автоматизирована и выполняется компьютерами общего или специального назначения. В результате обработки информации формируется картина судоходной обстановки, отображаемая на ситуационных дисплеях [4].

Информационные радиотехнические посты имеют обслуживающий персонал. В некоторых случаях, они являются дистанционно управляемыми. Назначение таких пунктов сводится к обеспечению Центров РИС информацией о навигационной обстановке в районе определённого действия. Другими словами, за основу берется некоторое пространство ситуаций. Описание создаваемых ситуаций включает состояние внешней среды и внутреннее состояние сложной системы, в данном случае Центр РИС, характеризуемые рядом параметров. Ситуации образуют некоторые обобщенные состояния, а действия Центров РИС или изменения во внешней среде приводят к изменению актуализированных в данный момент состояний. Среди обобщенных состояний особое значение имеет начальные состояния и конечные, т.е. целевые состояния [5].

Управляющими звеньями являются операторы, которые анализируют судоходную обстановку, оценивают и прогнозируют ее развитие. Операторы РИС посредством радиосвязи передают для судов информацию, предупреждения, рекомендации и указания, обеспечивающие безопасное и эффективное судоходство в районе действия с официально объявленными границами [6].

Таким образом, РИС, в районе своего действия с официально объявленными границами, обеспечивает выполнение следующих основных функций выраженных в:

- организации и регулировании судоходства на акваториях портов и на подходах к ним;
- обеспечении безопасности судоходства в сложной навигационной, метеорологической и гидрологической обстановке;
- содействии лоцманским службам, поисково-спасательным операциям и операциям по борьбе с разливами нефтепродуктов;

- защите окружающей среды за счет снижения риска аварий и разливов нефтепродуктов;

- контроле движения судов, положения судов на якорных стоянках и за соблюдением правил плавания;

- контроле за судоходством в прибрежных водах в интересах государства, информационное обеспечение пограничных и таможенных режимов.

Взаимосвязь структурных элементов РИС наглядно демонстрирует рис.

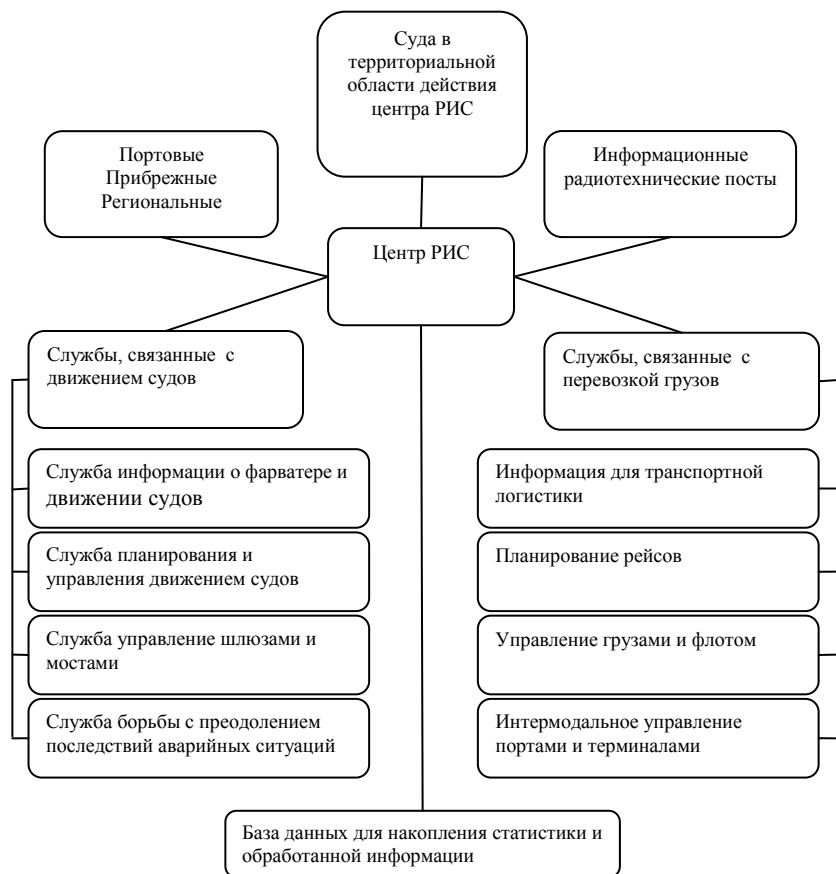


Рис. – Взаимосвязь структурных элементов РИС

Основными

видами технических средств РИС, обеспечивающих получение информации о состоянии акватории, навигационной обстановке и судах в районе их действия с официально объявленными границами, являются:

- средства голосовой радиосвязи с судами;
- береговые радиолокационные станции;
- автоматическая информационная система;
- системы телевизионного наблюдения;
- метеорологические и гидрологические приборы;
- системы обработки, хранения и отображения информации;
- радиорелейные, кабельные и оптоволоконные линии связи;
- вычислительные сети и сети передачи данных;
- электронные картографические системы.

Рабочая зона технических средств РИС является акваторией, в пределах которой обеспечивается функционирование технических средств с заданной

эффективностью

Суда в районе действия РИС обязаны выполнять специальные правила плавания, отражающие специфику района, его навигационные характеристики и правовой статус, особенности взаимодействия судоводителей и лоцманов на мостике судна [7].

Эффективное выполнение Центров РИС своих функций обеспечивается высокой надежностью технологического оборудования, квалификацией и профессионализмом персонала, а также регламентацией и контролем работы со стороны администрации портов и гидрологических сооружений.

Таким образом, важнейшие требования к функциям РИС, в условиях значительного увеличения объемов мировых грузопотоков, как экспортных, так и импортных, ориентируют на сохранение единого технологического комплекса обеспечения безопасности судоходства и его оперативного реагирования. Необходимости получения оперативной, точной, защищенной информации обо всех объектах транспортного процесса становится одним из поводов ускорить развитие современных автоматизированных систем управления, заложенных в основу речных информационных систем, в направлении формирования единого интеграционного транспортно-коммуникационного пространства.

Новые системы, подвергшиеся модернизации информационного обслуживания входящие в Центры РИС, позволяют:

- обеспечить объединение поступающей информации от внешних и внутренних систем на основе единого интерфейса;
- предоставить, в реальном времени, полную картину об обстановке в зоне управления;
- осуществить интеллектуальную обработку разнородной информации;
- сформировать исходящие информационные потоки для участников процесса.

Такая система взаимодействия наилучшим образом отвечает потребностям повышения безопасности, особенно на участках интенсивного судоходства.

В основу концепции такой модернизации, как системообразующего компонента, вложена идея единого информационного пространства отвечающего современным тенденциям оперативного управления динамическими системами в турбулентном, внешнем окружении. Основное назначение предложенной модернизации заключается в обеспечении безопасности, снижении рисков связанных с безопасностью, а также, при необходимости, ликвидации последствий нарушения безопасности судоходства на основе оперативной и достоверной информации о месте нахождения судна и его технических возможностях.

Проведенный выше анализ особенностей функционирования структурных элементов РИС позволяет обозначить две основные проблемы развития РИС в направлении повышения безопасности судоходства.

Первая проблема заключается в сложности обеспечения безопасности судоходства в устьевых и речных портах. Это в первую очередь связано с ростом интенсивности движения судов. К основным недостаткам современных РИС, находящихся в ведении служб речного флота, относятся стационарность размещения, «привязка» к береговым службам конкретного района, в ряде случаев сложность применяемых процедур обмена информацией, которые требуют дорогостоящего специализированного оборудования и развитого энергоснабжения. Основные мероприятия по повышению безопасности судоходства в береговых и

прибрежных районах, отличающихся повышенной интенсивностью, направлены на совершенствование технической оснащённости РИС, что делает эти системы дорогостоящими.

Вторая проблема имеет ряд характерных особенностей, которые не попадают в сферу деятельности современных РИС и создают реальную проблему судоходству:

- маломерный флот - яхты, малые рыболовецкие суда, лодки, катера и другие плавательные средства, сосредоточенные в портовых зонах[8];
- прибрежные районы промысла биоресурсов, в ряде случаев мешающие судоходству на традиционных транспортных путях;
- районы добычи природных ископаемых на прибрежном шельфе, в которых судоходство характеризуется повышенной степенью экологического риска;
- средние и мелкие портовые районы с недостаточно развитой производственно-хозяйственной инфраструктурой, не имеющие достаточной мощности для поддержания работоспособности РИС.

Решение подобных проблем может быть получено с помощью использования локализованных мобильных систем управления движением судов. Такие системы не должны иметь привязки к конкретному району базирования и должны быть способны обеспечить безопасность движения в любом районе с интенсивным судоходством, или стать дублирующим звеном при повышенной загрузке основной станции РИС. Однако территориальная локальность и функциональная ограниченность не позволяет этим системам заменить собой полноценную станцию РИС.

Выводы. На основании вышесказанного, возможно, сформулировать важный вывод. Проблем совершенствования РИС достаточно много, но выделенные проблемы объединяет то, что в условиях модернизации инфраструктуры речной отрасли необходимо принципиальное изменение подхода к решению частных задач. Развитие и модернизация РИС должна происходить на принципах интеграции в информационное пространство Европейского транспортного комплекса, позиции которого определены необходимостью следования международным нормам и правилам в области связи.

Список литературы: 1. *Гладких И. И.* Разработка стандарта электронного обмена информацией для судов на внутренних водных путях Украины /И. И.Гладких // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 11 – Одесса: «ИздатИнформ», 2006. – С. 42– 51. 2. *Миусов С. М.* Синтез и отображение информационной структуры текущей навигационной ситуации /С. М. Миусов// Судовождение: Сб. научн. Трудов / ОНМА, Вып. 11 – Одесса: «ИздатИнформ», 2006. – С. 87-91. 3. *Вильский Г. Б.* Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов./ Г.Б.Вильский, А. С.Мальцев, В. В. Бездольный, Е. И. Гончаров. – Одесса – Николаев: Фенікс, 2007. – 456 с. 4. *Головко В.* Этапы и перспективы развития СУДС в РФ. Региональные системы управления движением судов. // Морской флот №6, 2006, с. 30 - 34. 5. *Чимшир В. И.* Динамика формирования целей управления процессами функционирования сложных систем в пространстве ситуаций [Текст] // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Нові рішення в сучасних технологіях. - Харків: НТУ «ХПІ», 2012. - №9 - С.36-40. 6. *Каретников В. В., Ракитин В. Д., Сикарев А. А.* «Автоматизация судовождения». - СПб.: СПГУВК, 2007 - 264 с. 7. *Кондратьев С. И.* Теоретические основы управления крупнотоннажными судами по критериям безопасности и энергосбережения : диссертация ... доктора технических наук : 05.22.19 Новороссийск, 2004 280 с. : 71 05-5/400) 8. *Борисова Л. Ф.* Мобильная система управления движением судов для обеспечения безопасности мореплавания на акватории с интенсивным судоходством: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Мурманск, 2005. — 25 с.

Поступила в редколлегию 20.09.2013

УДК 627.71

О необходимости повышения эффективности речных информационных систем с целью обеспечения безопасности судоходства / Коломиец Д. П., Чимшир В. И. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.112-117. – Бібліогр.: 8 назв.

Проведено аналіз перспектив розвитку інфраструктури внутрішніх водних шляхів з використанням річкових інформаційних систем. Виділено основні структурні елементи сучасної річкової інформаційної системи. Визначено основні проблеми, які стоять на шляху підвищення безпеки судноплавства під управлінням річкових інформаційних систем.

Ключові слова: річкова інформаційна система, безпека судноплавства, функціонування, внутрішні водні шляхи.

In the relevant work internal waterways infrastructure development prospects analysis using river-based data exchange systems has been carried on. Essential structure elements of modern river-based data exchange systems have been outlined. Essential problems have been specified standing on the way of safe shipping under control of river-based data exchange systems improvement.

Keywords: river-based data exchange system, safe shipping, functioning, internal waterways.

УДК 004.6

Д. В. ЛУБКО, канд. техн. наук, доц., Таврійський Державний
Агротехнологічний університет, Мелітополь

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ

Розглядаються основні мови програмування, які використовуються для побудови мобільних додатків, аналізуються основні вимоги до побудови мобільних додатків.

Ключові слова - мобільний додаток, iOS, Android, Windows Phone, BlackBerry.

Вступ. Розробка мобільних додатків відіграє все більш важливу роль для організацій, яким необхідно спілкування зі співробітниками або клієнтами за допомогою вбудованих додатків. На сьогоднішній день існує великий вибір мов програмування для розробки мобільних додатків. Це пов'язано з тим, що для різних мобільних пристроїв доводиться використовувати різні мови програмування, що обумовлене тим, що мобільні пристрої мають різні операційні системи (ОС).

Цільова платформа (або платформи) – iOS, Android, Windows Phone, BlackBerry - буде мати значний вплив на мову розробки, яка буде використовуватися. Наприклад, можна розробляти рідні додатки для кожної платформи або використовувати сторонній інструмент для оптимізації своїх додатків на різних платформах. Другий підхід може заощадити час і зусилля, хоча це може вплинути на зручність використання. Сучасні мобільні пристрої пропонують широкий спектр варіантів розробки.

Мета роботи. Метою даної роботи є аналіз існуючих технологій побудови додатків для мобільних телефонів.

На сьогодні компанії-розробнику мобільних додатків необхідно шукати способи створення продуктів для максимальної кількості мобільних платформ за мінімальною ціною та з мінімальною витратою часу.

Ринок диктує жорсткі умови - мобільні додатки повинні запускатися на максимальній кількості платформ, коштувати мінімально та бути готовими до

© Д. В. ЛУБКО, 2013

впровадження за мінімальний термін.

Вартість фахівця в області веб-технологій (HTML, CSS, JavaScript) на порядок нижче вартості спеціаліста в галузі створення додатків окремо для iPhone, Android, або Windows Phone. Тому компанії повинні враховувати платформу, для якої створюється додаток, а також детально аналізувати переваги та недоліки створення мобільних додатків з використанням тих чи інших технологій.

Проаналізуємо основні технології, які використовуються для розробки додатків для мобільних телефонів.

Перша технологія - це Java 2 Micro Edition (J2ME). Це набір специфікацій і технологій, призначених для різних типів портативних пристроїв. Існують два основні напрями: Connected Device Configuration (CDC) і Connected Limited Device Configuration (CLDC). Напрямок визначає тип конфігурації центральних бібліотек Java, а так само параметрів віртуальної машини Java (в якій будуть використовуватися додатки).

Пристрої, які використовують технологію CDC будуть більш розвиненими, в якості прикладу можна навести комунікатори. До пристроїв CLDC відносяться звичайні мобільні телефони, які апаратно володіють більш скромними можливостями (ресурсами).

Спеціальні режими дозволяють визначати функціональність конфігурацій для різних типів пристроїв. Режим Mobile Information Device Profile (MIDP) призначений для CLDC портативних пристроїв з можливістю спілкування. Режим MIDP визначає функціональність - роботу користувальницького інтерфейсу, збереження налаштувань, роботу в мережі і модель додатка. CLDC і MIDP закладають основу реалізації J2ME [1]. Java-код інтерпретується безпосередньо самим пристроєм за допомогою так званої Java Virtual Machine. Цей механізм робить можливим вільне розповсюдження Java-додатків, так як вони працюють на всіх пристроях з аналогічною Java-платформою [2].

Програмування Java-додатків і на сьогоднішній день займає більшу частину, так як більшість мобільних пристроїв (в основному мобільні телефони) в світі мають вже встановлену Java-систему.

Наступна популярна сьогодні технологія – це технологія Qt. Вона в основному використовується в якості крос-платформного середовища, яке дозволяє використовувати написані з її допомогою додатки на різних пристроях і операційних системах, у тому числі Windows, Mac OS X, Linux, Symbian, Android та інших [3]. Починаючи з версії Qt 4.0 з'явилася можливість програмувати для мобільних пристроїв. Із зростаючою користувальницькою базою Qt, зростає і потреба у вбудованих, мобільних додатках і UI-розробників.

Qt є однією з найбільш вдалих бібліотек для C++. Налаштування додатків, розроблених для мобільних пристроїв, відбувається за допомогою емулятора, який міститься в середовищі розробки. Таким чином, можна писати складні програми для мобільних пристроїв з використанням бібліотек C++ і підтримкою платформ.

На час написання даної статті остання версія це - Qt 5 бета. Для роботи Qt на мобільних пристроях необхідна установка певного фреймворку.

Ще однією технологією є технологія розробки Windows Phone SDK. На момент написання цієї статті, остання версія інструментарію доступна у версії Windows Phone SDK 7.1 Release Candidate в ліцензії «Go Live» з можливістю розробляти свої

додатки і публікувати їх в Windows Phone Marketplace. Windows Phone SDK 7.1 Release Candidate містить наступні компоненти [4]:

- a) Windows Phone SDK 7.1;
- б) Windows Phone Emulator;
- в) Windows Phone SDK 7.1 Assemblies;
- г) Silverlight 4 SDK and DRT;
- д) Windows Phone SDK 7.1 Extensions for XNA Game Studio 4.0;
- е) Expression Blend SDK for Windows Phone 7;
- ж) Expression Blend SDK for Windows Phone OS 7.1;
- з) WCF Data Services Client for Windows Phone;
- і) Microsoft Advertising SDK for Windows Phone.

Код додатка, що розроблюється, описується на мові XAML. Хоча насправді - це просто XML файли з мовою розмітки XAML.

Платформа Windows Phone не просто чергова платформа для мобільних пристроїв. Вона містить у собі не тільки технологічну складову, але і повністю опрацьовану концепцію дизайну інтерфейсу і взаємодії з користувачем під назвою Metro-дизайн або стиль Metro [4].

Вся розробка під Windows Phone ведеться в середовищі Visual Studio. Для мобільних додатків під Windows Phone відладка та тестування відбувається за допомогою емулятора Windows Phone у середовищі розробки Windows Phone.

Ще одна технологія розробки - це iPhone SDK. Розробка під операційну систему iOS можлива тільки з використанням Mac OS X. Але в Інтернеті можна знайти статті, як можна проводити розробку безпосередньо на Macintosh і навіть на VM. Варто зауважити, що Apple надає інструменти безкоштовно, але платити доведеться за підписку розробника [5].

Для написання програм під iPhone пропонується використовувати Objective-C. При цьому є можливість писати так само і на C і C++ (для цього необхідно змінювати розширення файлів з .M на .Mm). Правда при цьому повністю звільнитись від Obj-C не вдасться, майже весь API розрахований саме на Obj-C, виключення складають наприклад OpenGL (хоча для його ініціалізації доведеться використовувати кілька рядків коду на Obj-C), так само повністю доступні стандартні бібліотеки C/C++ (так, наприклад, з файловою системою можна працювати як засобами SDK на Obj-C, так і використовуючи стандартну бібліотеку C для вводу / виводу (fopen (), fgetc (), etc)) [5].

Налагодження додатка відбувається за допомогою середовища XCode і емулятора iPhone встановленого в ній.

Для розробки під Android можна використовувати середовище Eclipse з встановленим плагіном ADT. Розробка ведеться на мові програмування Java. Є можливість налагодження з використанням емулятора вбудованого в ADT або безпосередньо на мобільному пристрої з ОС Android.

Існують різні версії SDK, які використовуються для написання коду для різних версій Android. В даний час велике поширення отримали версії 2.2 і 2.3. Підтримується майже повна зворотна сумісність версій.

Крім розробки на мові Java підтримується можливість більш низькорівневої розробки з використанням Android NDK (Native Development Kit) на мові C/C++.

Для написання додатків під Symbian можна використовувати мову програмування C++. В основному даний підхід використовується для Symbian OS

v6.1, 7.0, 7.0s і 8.0.

Розробка для Symbian OS (якщо говорити про C++) зазвичай ведеться на ПК. Серед розробки – звична для багатьох програмістів Visual Studio, це також можуть бути IDE Metrowerks CodeWarrior Development Studio, Borland C++ BuilderX Mobile Edition, Carbide. C++ (відносно нова IDE, створена компанією Nokia на базі Eclipse), забезпечена додатковими інструментальними пакетами (SDK). Розробнику доступні практично всі звичні можливості, як створення програмне забезпечення (ПЗ), так і налагодження (трасування, перегляд змінних, стека викликів, структур класів).

Відлагодження програми запускається в емуляторі Symbian OS. Цю підсистему правильніше було б назвати симулятором, оскільки імітуються не апаратні засоби, а лише програмне оточення (відповідні API операційної системи, реалізовані поверх API Win32). При цьому програмні модулі, які завантажуються в емулятор, являють собою виконані файли для архітектури x86 (не ARM, на базі якої побудовані смартфони), відповідне ПЗ для цільової платформи формується після підсумкової компіляції. Це передбачає певну специфіку (раніше була досить поширена ситуація, коли програма, нормально функціонувала в середовищі емулятора, відмовлялася працювати на реальному пристрої), але сьогодні емулятор забезпечує досить високу ступінь подібності та проблеми виникають лише при створенні програм, які нестандартно використовують API.

Платформа Android надає розробникам найбільшу свободу вибору ОС, на якій розробляти додатки. Android розробники можуть використовувати Windows, Mac або Linux. BlackBerry користувачі можуть вибирати між Mac, Windows і Linux. Якщо ви хочете розробити для iOS і пристроїв Windows, єдиним варіантом є Mac і Windows відповідно.

Всі чотири мобільні платформи вимагають від розробників підписувати свої програми, перш ніж вони можуть бути представлені в магазинах постачальників додатків. Microsoft надає цілий ряд інструментів для надання допомоги у розвитку Windows Phone, але інструменти доступні тільки в Windows 7 і Vista. Розробка робиться в Visual Studio з комбінацією Silverlight / XAML, C # і Visual Basic NET, HTML / JavaScript і Expression Blend. Безкоштовні інструменти доступні для персонального використання. Для професійних розробників потрібно придбати ліцензію для використання Visual Studio.

Для розробки крос-платформеного мобільного додатку можна також використовувати веб-технології, а саме HTML5, CSS3 та JavaScript. Розроблені веб-програми копіюють рідний стиль мобільної системи, але такі програми є доступними прямо з браузера (так само, як веб-сторінка) і тому використовують ті самі технології.

Дизайн мобільного додатку повинен бути максимально простий і зрозумілий. З огляду на те, що мобільні пристрої мають невеликий за розмірами екран, при проектуванні додатків для них не можна керуватися тими ж правилами, що і для ПК.

Основні вимоги до дизайну інтерфейсу мобільних додатків:

а) Мінімум елементів. Не слід перевантажувати невеликий простір дисплея мобільного пристрою великою кількістю об'єктів. Необхідно намагатися вмістити максимум функціоналу в лаконічний і дружній інтерфейс. Ця вимога є головною для розробки будь-якого ПЗ, а не тільки мобільного.

б) Управління сучасними телефонами з сенсорними екранами здійснюється за допомогою чуттєвого дотику. З огляду на те, що площа дотику пальця значно більше

розмірів покажчика комп'ютерної миші, а також стилуса, інтерфейс не повинен містити дрібних елементів. По-перше, вони погано помітні на невеликому екрані. По-друге, торкаючись деякого ділянки дисплея, користувач може натиснути не той елемент, який йому потрібен, що в кращому випадку може призвести до зниження зручності використання програми, а в гіршому - до небажаних наслідків.

в) Розмір всіх написів повинен бути достатнім для того, щоб користувач міг прочитати їх з відстані не менше 30 см.

г) Найбільш важливі і часто використовувані елементи інтерфейсу повинні знаходитися в центрі екрану і мати достатній розмір для того, щоб виділятися серед інших.

д) При перенесенні додатків з ПК на мобільний платформу можна обмежитися створенням зменшеної копії додатка. Необхідно оптимізувати весь інтерфейс, прибрати всі зайві елементи, згрупувавши схожі по функціоналу. При великій кількості об'єктів слід зробити додаткові «вікна», що змінюють один одного на дисплеї. На відміну від ПК, на мобільних платформах під вікнами розуміються елементи інтерфейсу, що займають весь простір екрану пристрою. Користувач здійснює переходи між такими вікнами за допомогою графічних елементів-навігаторів, або перетягуючи їх за допомогою пальця (в залежності від тієї або іншої платформи і переваг творців додатка).

При проектуванні дизайну мобільного додатку може виникнути необхідність враховувати культурні особливості регіону, для якого воно призначене (читання справа наліво або правильний підбір колірної гами).

У правильно спроектованому мобільному додатку повинні поєднуватися три основні властивості:

а) Зручність у використанні (інтуїтивний дизайн, об'єднання та використання всіх можливостей мобільного пристрою). Найбільш популярними мобільними платформами є iPhone і Android. Вони мають багато спільного. Грамотно спроектований додаток буде включати в себе той функціонал, який використовує особливості кожної з них.

б) Мобільний додаток повинен бути цікавим користувачу. Саме тому найбільшою популярністю на сьогодні користуються мобільні ігри. Кращий засіб змусити людину використовувати додаток з великою кількістю функціоналу - внести елемент розваги.

в) Корисність. Максимальний рейтинг мають ті додатки, які здатні бути дійсно потрібними.

Висновки. Основні принципи проектування програмного забезпечення для мобільних пристроїв незмінні незалежно від платформи та операційної системи, встановленої на ній. Головними відмінностями є технічні особливості, такі як інструментарій, API і SDK, парадигми проектування інтерфейсу. З проведеного аналізу даної проблеми, визначено, що спочатку для компанії більше доцільно розробляти крос-платформений веб-додаток для своєї програми для мобільного телефону. Це дасть змогу швидше надати клієнтам можливість користування програмою на різних мобільних пристроях, а згодом почати створювати більш потужний мобільний додаток для кожної мобільної системи окремо.

Список літератури: 1. *Apers, C. Beginning iPhone and iPad WebApps / C. Apers – Apress, 2010. – 500 с.* 2. *Горнаков, С. Г. Программирование мобильных телефонов на Java / С.Г. Горнаков – СПб.:*

Изд. ДМК Пресс, 2006. – 336 с. **3.** Building iPhone Apps with HTML, CSS, and JavaScript [Електронний ресурс] / O'Reilly Media - Режим доступу: [www/URL:http://ofps.oreilly.com/titles//9780596805784/index.html/](http://ofps.oreilly.com/titles//9780596805784/index.html/) 29.09.2009 р. - Загол. з екрану **4.** Розенфельд, Л. Информационная архитектура в Интернете, 2-е изд.: Пер. с англ. / Л. Розенфельд, П. Морвиль. – СПб.: Символ Плюс, 2005. – 544 с. **5.** Hogan, B. HTML5 and CSS3: Develop with Tomorrow's Standards Today [Текст] / B. Hogan - Pragmatic Bookshelf, 2010. – 265 с.

Поступила в редколлегию 20.09.2013

УДК 004.6

Методологія проектування та інструментарій для створення мобільних додатків / Лубко Д. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. – № 56 (1029). – С.117-122. – Бібліогр.: 5 назв.

Рассматриваются основные языки программирования, которые используются для построения приложений для мобильных телефонов, а также анализируются требования, которые предъявляются к разработке таких приложений.

Ключевые слова: мобильное приложение, iOS, Android, Windows Phone, BlackBerry.

The article describes main programming languages that are used for the mobile applications development, and also performs an analysis of main requirements which should be considered when developing a mobile application

Keywords: mobile app, iOS, Android, Windows Phone, BlackBerry.

УДК 656.222.3

А. В. ЛАВРУХІН, д-р техн. наук, проф., зав. каф., УкрДАЗТ, Харків ;
Д. В. КОНСТАНТИНОВ, канд. техн. наук, ст. викл., УкрДАЗТ, Харків ;
І. О. ЩЕНКО, студент, УкрДАЗТ, Харків

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ МАРШРУТІВ СЛІДУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕНІ

Побудований міжнародний маршрут транзитних вагонопотоків між Азією та Європою, а також маршрут розподілення транзитних вагонопотоків Укрзалізниці.

Ключові слова: транзит, вагонопотік, коридор, маршрут, станція

Вступ. На даний момент Україна знаходиться на порозі вступу до Євросоюзу, а також співробітництва з Митним союзом. Прагнення України до співробітництва в розвитку торгово-економічних відносин з іншими державами створюють сприятливі умови для вільного переміщення товарів, послуг, капіталів і робочої сили через нашу державу. Україна є однією з самих великих країн Східної Європи, яка має вигідне геополітичне положення на торгових шляхах країн Сходу та Заходу, Півночі та Півдня, розвинену транспортну систему та необхідну інфраструктуру для здійснення міжнародних перевезень (3 міжнародні транспортні коридори)[1]. За результатами досліджень вчених англійського університету «Рендел» по коефіцієнту транзитності Україна посідає перше місце в Європі: в межах її зовнішніх інтересів знаходиться більше 30 країн [2]. Тому, наша країна має досить великі перспективи в ролі транзитної країни. Україна може бути головним транзитним коридором між Європою и Азією що створює передумови для збільшення обсягів транспортних перевезень та стійкого розвитку транспортної галузі.

Кількість вантажів, які приходять тільки через порти Південної Кореї, практично с кожним роком збільшуються в 2 рази. Нарощують відправлення

© А. В. ЛАВРУХІН, Д. В. КОНСТАНТИНОВ, І. О. ЩЕНКО, 2013

Китайська Народна Республіка (далі КНР) і Японія. В євразійському напрямку Захід-Схід вже перевозяться до 5 млн. контейнерів в рік. Приблизно половина з них зможе в найближчій час піти сухопутним шляхом, при цьому скорочуючи транспортні видержки і давати прибуток перевізникам і транзитним країнам. В такому випадку важливе значення для України є продовження 3-го і 5-го «критських міжнародних транспортних коридорів» от Львова до Києва и от Києва до Харкова, а також співпрацю з ОСЗ №5 і ОСЗ №8 «Європа - Азія». Таким чином може бути побудований короткий сухопутний транспортний коридор, який через територію України, Росії, Казахстану з'єднає країни ЄС з Китаєм і іншими розвиваючими країнами Азії[3]. По висновкам 2010 року транзитні перевезення Укрзалізниці виросли на 2,7%- до 46,7 млн. тонн. На фоні провального 2009 року, можна констатувати, що в галузі потрохи відновлюються об'єм перевезень в цьому стратегічно - важливому сегменті. В кращі роки залізничний транзит був 65-70 млн. тонн в рік. Середня прибуткова ставка при транзитних перевезеннях склала в 2010 році 175,27 грн. за 1 т., так при експорті -76,88 грн. за 1 т., при імпорті 66,98 грн. за 1 т. Якщо Україна надасть конкурентну і лояльну транспортну послугу вантажовідправникам, наша країна могла б додатково заробити 6 млрд. грн. на рік[4]. На сьогодні залізниця України не в повній мірі готова до забезпечення перевезень у таких обсягах. Внаслідок недостатнього розвитку та зношення технічних засобів, погіршується їх структура, не забезпечується безпека руху поїздів. Значну кількість проектів по будівництву міжнародних магістралей, які призводять до втрати транспортних вантажопотоків з України, реалізує Росія. Так як при модернізації МТК №2, реалізації проекту «Північ-Південь» значного розвитку Транссибірської магістралі, Росія намагається забрати весь вантажопотік напряму Азія-Європа на свої шляхи прямування. Все це в умовах конкуренції призводить до витіснення українських перевізників з міжнародних ринків транспортних послуг, створює загрозу економічній безпеці нашої держави.

Мета роботи. Ключове значення в переробці міжнародних вантажопотоків міжнародного транспортного коридору (далі МТК) займають залізничні станції, в першу чергу прикордонні, передавальні та сортувальні. Але на сьогоднішній день міжнародні транспортні коридори за участю нашої держави не зовсім відповідають швидкій та вигідній роботі. Для того щоб забезпечити чітке і без перебігів транспортування потрібно забезпечити певні параметри та маршрути. Забезпечення міжнародних маршрутів Китай – Україна – Європа, а також злиття вітчизняних залізничних шляхів з міжнародними, забезпечення транзиту вантажу без затримок, розподілення транзитних потоків по Укрзалізниці. Ставлю за мету побудувати модель міжнародних транзитних перевезень, яка забезпечить доставку вантажів з Азії в Європу через Україну. За основу своєї моделі я взяв міжнародні транзитні коридори(ОСЗ №5, ОСЗ №8). Так як Російська федерація реконструює транссибірську магістраль і зможе збільшити транспортування вантажів, які зможуть проходити через нашу державу, але ми зіткнемося з тим що наша залізнична транспортна система не розрахована на таку кількість перевезень що призведе до зупинки транспортування. В наукових статтях [1-6] були розглянуті питання міжнародні відносини, але не доцільно були вивчені питання що до покращення шляху та організацій його системи, технології міжнародних транспортних коридорів, найвигідніших та швидких маршрутів слідування. Оцінки МТК, підвищення пропускної спроможності з Росії в Україну. Покращення факторів

які впливають на пропускну спроможність Євро-азійського співробітництва. Також система покращення пропуску поїздів без переробки на прикордонних станціях, технічний огляд, комерційний огляд. Систему прикордонного огляду, адміністративні сервер, програмне забезпечення з колегами СНД.

Методика експериментів. В 2007 році товарооборот між Китаєм та країнами Європи, який практично повністю виконувався по морю, склав 250 мільярдів доларів. Але зріст цін на нафту на світових ринках став причиною зсуву на користь пришвидшення розвитку будівництва залізничної інфраструктури і відкриття руху міжнародних контейнерних поїздів між Азією та Європою. В рамках Ради Міністрів транспорту країн євро-азійського регіону, які відбулися в лютому 2008 року в Женеві, відкриття міжнародних контейнерних поїздів між Азією та Європою було повторно переглянуто в якості однієї з важливих тем для дискусії.

9 січня 2008 року, завдяки підтримці залізничних адміністрацій країн, в рамках співробітництва між Китайською корпорацією залізничних контейнерних перевезень (CRCT) і залізничними компаніями по шляху прямування, був завершений демонстраційний пропуск контейнерного поїзда по маршруту Пекін – Гамбург. Демонстраційний пропуск контейнерного поїзда між Пекін – Гамбург був організований CRCT, при цьому експедитором виступило «Міжнародні інтермодальні перевезення Китайської залізниці», які також виконували задачі по зібрані вантажу і конкретну оперативну роботу. В состав поїзда були включені 49 фітінгових платформ для перевезення 98 ДФЄ, з яких 20 – 40-фунтові контейнери і 58 – 20-фунтові різними вантажами таких як одяг, будівельні матеріали, фармацевтична продукція і т.д. Вони були зібрані в Пекіні від портів Дальнь, Ціньдао і Тяньцзінь. При підтримці Міністерства залізниць Китайської Народної Республіки, а також залізничних адміністрацій, митних і пограничних органів країн на шляху прямування, поїзд відправився 9 січня 2008 р. з Пекіна, пройшовши по території Монголії, Росії, Білорусії, Польщі і прибув в Гамбург (Німеччина) 24 січня 2008 року, подолавши шлях 9780 км. за 15 діб. Успішний шлях даного поїзда показав можливість безпечних, швидких і економічно вигідних послуг для міжнародних контейнерних перевезень залізницями, що призводить до розвитку економічного співробітництва і торгівлі між країнами, і це стало новим досягненням в рамках співробітництва між китайськими і другими залізницями на шляху прямування. Залізничне перевезення, порівняно з перевезеннями за допомогою інших різновидів транспорту, за своєю вартістю та безпекою, є найбільш привабливе як для громадян та суб'єктів господарювання. На сьогоднішній час розроблено значну кількість договорів, головною метою яких є уніфікація правил міжнародного залізничного перевезення[4].

Конвенція про міжнародні залізничні перевезення (КОТІФ), 9 травня 1980 р., для України діє на підставі Закону України “Про приєднання України до Конвенції про міжнародні залізничні перевезення (КОТІФ)” від 5 червня 2003 р. № 943-IV із застереженнями. На підставі Конвенції (державами-учасницями) утворено Міжурядову організацію міжнародних залізничних перевезень (ОТІФ). Основною метою ОТІФ є встановлення єдиного правопорядку для перевезень пасажирів, багажу і вантажів у прямому міжнародному залізничному сполученні між державами-учасницями, а також сприяння застосуванню і розвитку цього правопорядку.

Комплексна програма утвердження України як транзитної держави у 2002-2010

роках Метою Програми є оптимальне використання наявного та подальший розвиток транзитного потенціалу України шляхом створення сприятливих умов для учасників транзитних перевезень, збільшення валютних надходжень від експорту транспортних та інших послуг. Програма передбачає комплекс заходів, спрямованих на нормативно-правове забезпечення транзиту вантажів територією України, адаптацію національного законодавства до міжнародного транспортного права, техніко-технологічну модернізацію транспортної інфраструктури міжнародного значення та пунктів пропуску через державний кордон України, удосконалення тарифно-цінової та податкової політики у сфері міжнародного транзиту, впровадження логістичних технологій в організацію транзитних вантажних, інформаційних та фінансових потоків, а також державне стимулювання залучення додаткових обсягів вантажів до транзиту через Україну.

Основний матеріал. Для того щоб швидко і безперебійно транспортувати вантажі із Азії в Європу потрібно задіяти залізниці України, Росії, Казахстану, Узбекистану, Туркменістану, Китаю, Південної Кореї та ін. На даний час існують міжнародні транзитні коридори які можуть забезпечити міжнародні перевезення. Велику частину транзитних коридорів займає Транссибірська магістраль, але вона на даний час проходить реконструкцію, після 2015-2017 р. вантажні поїзди можуть слідувати зі швидкістю 60-80 км /год. і з пропускнуою спроможністю 71 умовний вагон що дасть змогу в 4 рази швидше доставляти вантажі з Азії в Європу ніж морським транспортом. Російські залізниці ідуть в правильному напрямку реконструюючи та покращуючи інфраструктуру, і до 2020 р. збільшать свої міжнародні перевезення в 3-4рази в цей час коли Україна з найбільшою пропускнуою спроможністю в Європі втрачає транзитні перевезення. Якщо на даний момент існують транзитні перевезення з Росії через Україну в Європу і навпаки, то з кожним роком вони зменшуються чи на малий процент. Це пояснюється тим що з нашою застарілою інфраструктурою залізниці, а також митної системи огляду збільшується час доставки що приводить до збільшення коштів на перевезення, а також міжнародна політика України і Росії, а також інші країни які межують з нашою країною шукають інші швидкі та дешевші шляхи прямування.

В першу чергу можна прокласти маршрут з Азії, за основу шляху беру транссибірську магістраль. Прокладаємо маршрут з Китаю: з напрямку Харбін(Китай) до Чіта (Росія), другим відгалуженням яке проходить через Монголію є: Пекін(Китай) – Улан-Батор (Монголія) – Улан-Уде (Росія). Обидва потоки входять в Транссибірську магістраль слідуючи по ній. На станції Тайшет(Росія) проходить розподілення основного потоку на два напрямки: Перший: Тайшет-Новокузнецьк-Новосибірськ (всі Росія), другий: Тайшет-Красноярськ-Новосибірськ (всі Росія). До станції Новоросійськ примикає ще один потік з Середньої Азії, з Алма-Ати (Казакстан). Після зібрання всіх потоків в один маршрут слідує до станції Омськ через станцію Челябінськ, Уфа до станції Самара (всі Росія). На станції Самара відбувається розподілення маршруту на станцію Волгоград та Старий Оскол. Зі станції Волгоград(Росія) потік слідує до станції Дебальцеве(Україна). А зі станції Старий Оскол (Росія) через Белгород (Росія) до станції Харків(Україна). Таким чином ми забезпечимо маршрут з Азії до Європи, при цьому розподілимо навантаження на Транссибірській магістралі. Показано на рис. 1.

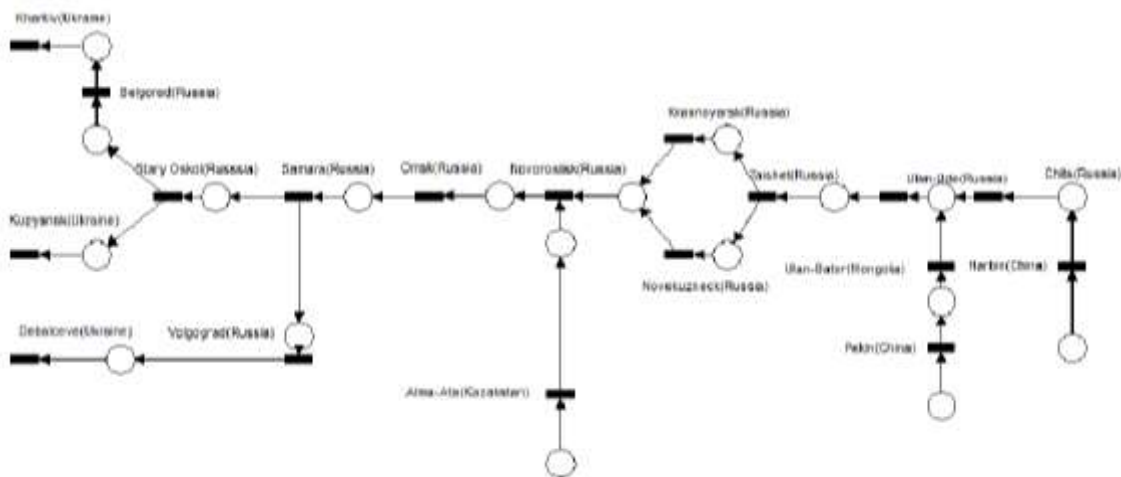


Рис. 1 – Схема міжнародного маршруту Азія-Європа

Далі для того щоб розподілити навантаження на залізницях України я розділяю транзитні потоки Укрзалізниці на три коридори: Північ, Центр, Південь. Якщо транзитний поїзд прямує до Молдови, Румунії, то використовуються коридор Південь: Дебальцеве-Кривий Ріг-Одеса-Роздільна або Ренні. Поїзди до Словаччина, Угорщина використовується коридор Центр: Куп'янск – Знаменка – Фастів – Жмеринка – Львів-Чоп. І останній транзитний коридор до Польши це - Північ: Харків – Київ – Жмеринка – Львів-Костиська 2. Таким чином ми розподілимо порівну навантаження на залізницях України що дасть змогу швидше обробляти і транспортувати вантаж. Також біля станцій Харків, Куп'янськ, Дебальцеве, Одеса я пропоную

збудувати контейнерні площадки, де буде зберігатися вантаж, а також перевантажуватися на інші види транспорту, що зменшить навантаження на залізничний транспорт чи на малий процент. Показано на рис. 2.

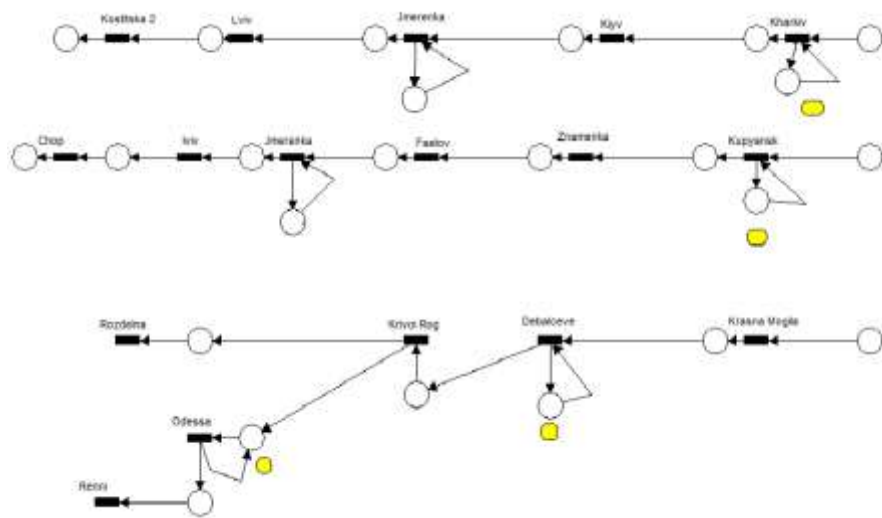


Рис.2 – Схема розподілення транзитних вагонопотоків на території України

Після розподілення маршрутів на Трансибірській магістралі та на залізниці України потрібно покращити роботу прикордонних станцій. Для того щоб покращити роботу маршрутів потрібно внести зміни в роботі прикордонних, передавальних станцій. До цих змін входять :

- електронна передача митних документів (замість паперового) між країнами;
- об'єднання проведення операцій перевірки вагонів службами фіто санітарного, ветеринарного, екологічного, карантинного й радіаційного контролю відразу представниками двох країн;
- паралельне проведення операцій перевірки вагонів всіма службами;

- проведення частини митних операцій безпосередньо в русі по ділянці між суміжними передатними станціями;
- концентрування всіх митних операцій в одному місці (наприклад, у країні яка приймає вантаж);
- проведення «вибіркового» митного огляду частинами вагонів, а не всього состава;
- інші пропозиції по раціоналізації систем управління.

По проведених розрахунках ефект від запропонованих інтеграційних заходів при спільній технології роботи прикордонних передавальних станцій сусідніх країн може скласти до 64% скорочення часу затримок під митним й супутнім операціям (з урахуванням вагоно-годин простою та затримок (інших)вагонів на станції очікування проведення маневрової роботи із затриманими вагонами)[2].

Висновок. Отже, це – основний етап роботи при здійсненні якого наша держава зможе пропускати транзитні потоки з Азії до Європи при мінімальних затримках на прикордонних станціях та зменшення навантаження на вітчизняні залізниці. Також наша країна може отримувати чи малі кошти від міжнародного транзиту при цьому вносити кошти в покращення роботи технічних засобів, засобів контролю та технологію роботи міжнародного коридорів.

Список літератури: 1. Дикань, В.Л., Пріоритетність розбудови швидкісних комбінованих транснаціональних магістралей в системі міжнародних транспортних коридорів [Текст] / В. Л. Дикань // Вісник економіки транспорту і промисловості. -2012. - №38. – С.-6-8. 2. Данько, М. І., Розширення перспектив євроінтеграції систем міжнародних залізничних перевезень України [Текст] / М. І. Данько, В. В. Козак, Д. В. Ломотько, Є. С. Альошинський // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. -2010. - №4. - С.111-115. 3. Голиков, А. П., Казакова, Н. А. Трансконтинентальний транспортний путь Китай-Європа: Україна как связывающее звено [Текст] / А. П. Голиков, Н. А. Казакова // Вісник економіки транспорту і промисловості. -2010. - №30. - С.-177-178. 4. <http://railworld.com.Ua/component/content/article>. 5. Альошинський, Є. С., Раціоналізація технології обробки експортно-імпортного вагонопотоку на крупних технічних станціях та прилеглих дільницях в межах міжнародних транспортних коридорів [Текст] / Є. С. Альошинський // Вісник економіки транспорту і промисловості. -2010. - №30. - С.-175-176. 6. Панченко, Н. Г., Перспективи функціонування міжнародних транспортних коридорів на території України [Текст] / Г. Н. Панченко // Вісник економіки транспорту і промисловості.- 2012. - №38. - С.-16-17.

Надійшла до редколегії 20.09.2013

УДК 656.222.3

Формування моделі визначення раціональних маршрутів слідування вагонопотоків у міжнародному сполученні / Константинов Д. В., Лаврухін А. В., Іщенко І. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.122-127. – Бібліогр.:6 назв.

Построен международный маршрут транзитных вагонопотоков между Азией и Европой, а также маршрут разделения транзитных вагонопотоков Укрзалізничці.

Ключевые слова: транзит, вагонопоток, коридор, маршрут, станция

Built international car traffic transit route between Asia and Europe, as well as car traffic transit route distribution Railways.

Keywords: transit, vahonopotik, corridor, route, station

Д. В. КОНСТАНТИНОВ, канд. техн. наук, ст. викл., УкрДАЗТ, Харків;
К. В. КРАМЧЕНКО, студент, УкрДАЗТ, Харків

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОПЕРАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКІСНИХ МІЖРЕГІОНАЛЬНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

У статті представлено реалізацію перспективної розробки з удосконалення системи швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень залізниць України. Здійснено моделювання системи підтримки прийняття рішень оперативного управління процесом експлуатації швидкісного рухомого складу.

Ключові слова: міжрегіональні, пасажирські, перевезення, пасажиропотоки, технологія, експлуатація, регулювання, моделювання.

Вступ. Сучасна організація швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень на залізницях України здійснюється недостатньо ефективно та потребує удосконалення. Останні досягнення в питанні їх розвитку, пов'язані з впровадженням нових швидкісних поїздів та удосконаленням основних ліній прямування, дозволили дещо покращити швидкості перевезень між основними великими містами країни але значно менше ніж очіувалося. Тому, враховуючи нестабільність в рівні попиту, та недостатню ефективність останніх досягнень, важливим є пошук додаткових шляхів удосконалення швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень спрямованих на технологічну складову.

Сучасний досвід організації швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень свідчить про значну нерівномірність основних показників роботи,

пов'язаних здебільше зі значними коливаннями пасажиропотоків в різні періоди часу (рис. 1), які впливають на виникнення невизначеності в питаннях вибору оптимальних експлуатаційних заходів.

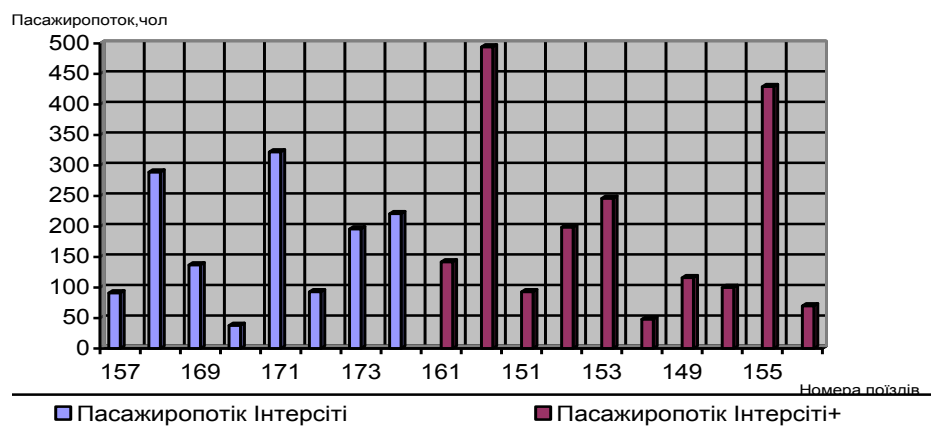


Рис. 1 – Графік коливання добового пасажиропотоку всіх маршрутів міжрегіональних швидкісних поїздів за 01.01.2013р.

Це призводить до формування недосконалої системи планування швидкісних міжрегіональних перевезень, визначення доцільних регулювальних заходів здійснюється наближеними способами, визначаючи кількість, схеми обертання та складу поїздів виходячи із досвіду та фактичних обсягів перевезень відповідного періоду у минулому часі.

Діючі технології організації обробки швидкісних пасажирських составів у пунктах оберту, згідно досліджень, можуть дозволити проводити оперативну заміну

швидкісного рухомого складу різної місткості з урахуванням схем та резервів відповідно до технічного оснащення, завдяки чому з'являється можливість використання оперативних технологій управління, в основу яких покладені принципи адаптації до умов ринку транспортних послуг.

Приклади використання подібних технологій було представлено в [1] та [2] при вирішенні задач оперативного регулювання композицій дальніх та приміських поїздів. Отримані результати показали значну ефективність запропонованого підходу при проектуванні математичної моделі оперативного регулювання з перспективою створення на її базі системи підтримки прийняття рішень (СППР) для оперативного регулювання складів поїздів в дальньому та приміському сполученнях. Розробка за даним прикладом нової моделі оперативного регулювання швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень, з використанням додаткових параметрів моделювання для збільшення точності і адекватності, та подальша реалізація її у якості СППР може бути новим перспективним рішенням в питанні розвитку системи пасажирських перевезень залізниць України.

Представлені в статті дослідження та розробки виконувалися згідно з Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту від 27 грудня 2006 р. № 651-р, Концепцією Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015р. від 31 грудня 2004р. №979-р та Програмою інформатизації та реструктуризації галузі від 2002р.

Мета роботи. Отже впровадження оперативного регулювання з використанням нового рухомого складу Інтерсіті та Інтерсіті+ (IC, IC+), на основі передових досягнень в галузі інтелектуальних технологій є одним з найперспективніших шляхів розвитку сучасних швидкісних перевезень. Реалізація оперативної технології потребує надання системі управління адаптації та сприятливості до змін ситуації на ринку перевезень що обумовлює необхідність розробки та впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР), спрямованих на оптимізацію процесу прийняття оперативних рішень на всіх рівнях управління швидкісними пасажирськими перевезеннями.

Методика експериментів. Тому з огляду на складність управління швидкісними перевезеннями та присутність при плануванні нечіткої вхідної інформації, а також досвід попередніх розробок систем оперативного регулювання в роботі для розв'язання поставленої науково-прикладної задачі запропоновано здійснення моделювання на основі використання математичного апарату нечіткої логіки та нейронних мереж.

Запропонований метод проектування математичної моделі оперативного регулювання швидкісним рухом дозволяє використовуючи нелінійні принципи, представляти експертні висновки за допомогою правил, а існуюча гібридна технологія адаптивних нейро-нечітких систем висновків ANFIS - (Adaptive Network-baset Fuzzy Interference System) дає можливість автоматизувати процес настроювання моделі.

Обговорення результатів. З огляду на поставлену мету реалізації оперативного регулювання швидкісних перевезень та удосконалення технології руху міжрегіональних поїздів категорії Інтерсіті та Інтерсіті+ можливі варіанти рішення задачі залежать від чотирьох основних параметрів технологічного процесу в швидкісному русі - очікуваних темпів зміни пасажиропотоку ΔP , отриманих за прогнозом надходження пасажирів на транспорт, населеності пасажирських поїздів

H даного напрямку по прибуттю на станцію, коефіцієнта нерівномірності розподілу пасажиропотоку на шляху прямування від початкової до кінцевої станції маршруту K_n , та достатнього часу на реалізацію оперативного регулювання $t_{об}$ в умовах обмеження за розкладом руху.

Перший параметр нечіткої моделі є навантаженням на об'єкт ідентифікації та визначається як рівень зміни пасажиропотоку в певний період доби у порівнянні місткості поїзду по прибуттю з прогнозованим пасажиропотоком, що планується до відправлення, пас.

$$\Delta P = P_{nj}^{прог} - P_{ni}^{приб}, \quad (1)$$

де $P_{nj}^{прог}$ - прогнозований пасажиропотік на n -ий період доби, що планується до відправлення у j -ту одиницю часу;

$P_{ni}^{приб}$ - загальна місткість складу по прибуттю на станцію у n -ий період доби в i -ту одиницю часу представлена у вигляді максимальної кількості пасажирів у складі, що відповідає рівню рентабельності та може бути розрахована за формулою.

$$P_{ni}^{приб} = m_{ni} \cdot A_{ваг}, \quad (2)$$

де m_{ni} - склад поїзда по прибуттю на станцію у n -ий період доби в i -ту одиницю часу;

$A_{ваг}$ - місткість одного вагона швидкісного поїзду Інтерсіті (Інтерсіті +), що відповідає рівню рентабельності.

При цьому ΔP може приймати наступні значення.

$$\Delta P = \begin{cases} > 0, & \text{якщо } P_{nj}^{прог} > P_{ni}^{приб} \\ 0, & \text{якщо } P_{nj}^{прог} = P_{ni}^{приб} \\ < 0, & \text{якщо } P_{nj}^{прог} < P_{ni}^{приб} \end{cases} \quad (3)$$

Другий параметр визначає рівень населеності поїздів по відправленню зі станцій на основі співставлення прогнозу пасажиропотоку та загальної кількості місць даного поїзду по прибуттю на станцію.

$$H = \frac{f(x) \cdot 100\%}{P_{ni}}, \quad (4)$$

де $f(x)$ - проноз пасажиропотоку на певний період доби на даний напрямок;

Умовою рентабельності міжрегіональних поїздів та доцільності їх формування на кожному напрямку є оптимальний рівень населеності, що повинен складати не менш ніж 80% та знаходитись в межах 80-100%, тобто H доцільно спрямовувати до значень у наступному діапазоні.

$$80\% \leq H \leq 100\% \quad (5)$$

Третій параметр визначає нерівномірність розподілу пасажиропотоку на шляху прямування від початкової до кінцевої станції маршруту та представляється коефіцієнтом нерівномірності K_n , що дозволяє оцінити доцільність оперативного регулювання не тільки на основі аналізу коливань пасажиропотоків та населеності на станціях відправлення та обороту а також врахувати коливання показників на шляху прямування. Розрахунок даного параметра доцільно здійснювати за формулою.

$$K_n = N_{\max} / N_{\text{сер}}, \quad (6)$$

де N_{\max} – найбільше значення показника;
 $N_{\text{сер}}$ – середнє значення показника.

При цьому з метою раціоналізації можливих заходів оперативного регулювання та можливості їх адаптації до значних коливань даного параметру доцільно приймати до вихідних даних моделі значення коефіцієнта нерівномірності розподілу пасажиропотоку на шляху прямування, що знаходяться в межах.

$$1 \leq K_n \leq 2 \quad (7)$$

Четвертий параметр характеризує наявність можливості реалізації оперативного регулювання, що відображає достатність часу знаходження поїзду на станції оборту для виконання оперативного регулювання.

$$t_{об} = t_{nj} - t_{ni} \quad (8)$$

При цьому час знаходження составу в обороті повинен бути більшим за час виконання оперативного регулювання.

$$t_{об} \geq t_{op}, \quad (9)$$

де $t_{об}$ - час простою швидкісного поїзду на станції по обороту, год;

t_{nj} - час відправлення поїзду у n -ий період доби в j -ту одиницю часу, год;

t_{ni} - час прибуття поїзду у n -ий період доби в i -ту одиницю часу, год;

t_{op} - час, потрібний на реалізацію оперативного регулювання составу швидкісного поїзду, згідно технології роботи ПТС, год.

Отже запропонована модель може розглядатися як система з чотирма входами $X = (\Delta P, H, K_n, t_{об})$ та одним дискретним виходом $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$, де d_k ($k = 1, N$) дискретні значення, що відповідають одному з рівнів прийняття рішень.

Таким чином, задача розробки відповідних рішень для оперативного регулювання композиції составу полягає у виконанні відображення.

$$X = (\Delta P, H, K_n, t_{об}) \rightarrow D \in \{d_1, d_2, \dots, d_k\}, \quad (10)$$

де d_1 - замінити швидкісний поїзд на інший зі збільшеним складом на $(P_{nj}^{прог} - P_{ni}^{приб}) / A_{ваг}$ вагонів;

d_2 - замінити швидкісний поїзд на інший зі зменшеним складом на $(P_{nj}^{прог} - P_{ni}^{приб}) / A_{ваг}$ вагонів;

d_3 - не здійснювати ніяких змін;

d_4 - призначити додатковий швидкісний поїзд складом $(P_{nj}^{прог} - P_{ni}^{приб}) / A_{ваг}$ вагонів;

d_5 - відмінити додатковий швидкісний поїзд складом $(P_{nj}^{прог} - P_{ni}^{приб}) / A_{ваг}$ вагонів;

d_6 - призначити довгосоставний експрес складом $(P_{nj}^{прог} - P_{ni}^{приб}) / A_{ваг}$ вагонів і відмінити швидкісний поїзд;

d_7 - відмінити довгосоставний експрес складом $(P_{nj}^{прог} - P_{ni}^{приб}) / A_{ваг}$ вагонів та призначити швидкісний поїзд.

Даний підхід розробки моделі дозволяє описати вхідні параметри $x_i (i = \overline{1, n})$ відповідними нечіткими лінгвістичними змінними (ЛЗ) [1,2,3], які представляють кортеж наступного виду $\langle N_i, T_i, X_i \rangle$, де N_i – назва ЛЗ; T_i – терм-множина ЛЗ N_i або множина її значень (термін), кожний з яких являє собою найменування окремої нечіткої змінної $\alpha_j^i (j = \overline{1, m})$, що визначена у вигляді кортежу $\langle \alpha_j^i, X_i, \tilde{A}_j^i \rangle$, в якому нечітка підмножина \tilde{A}_j^i базової множини X_i описує можливі значення, що може приймати нечітка змінна α_j^i [1,2,3,4].

$$\tilde{A}_j^i = \{ \langle x, \mu_{\tilde{A}_j^i}(x) \mid X_i \rangle \}, \quad (11)$$

де $\mu_{\tilde{A}_j^i} : X_i \rightarrow [0,1]$ - функція приналежності нечіткої підмножини \tilde{A}_j^i , яка ставить у відповідність кожному елементу $x \in X_i$ число з інтервалу $[0,1]$, що представляє ступінь приналежності елемента x підмножині \tilde{A}_j^i [1,2].

В якості вхідних параметрів нечіткої моделі будемо розглядати чотири нечіткі ЛЗ: $N_1 = \Delta P =$ «Величина зміни пасажиропотоку між відправленням та прибуттям», $N_2 = H =$ «Населеність міжрегіонального поїзду по відправленню», $N_3 = K_n =$ «Нерівномірність пасажиропотоку на шляху прямування» та $N_4 = t_{об} =$ «Час знаходження на станції обороту». Формалізацію нечітких термів в роботі здійснено за допомогою моделей функцій приналежності (ФП), параметри яких можуть модифікуватися в процесі настроювання моделі, що дозволяє змінювати положення та структуру нечітких множин.

Значення першої ЛЗ ΔP визначається з терм-множини $T_1 = \{ \langle \text{«від'ємно високі»(ВВ), «від'ємно низькі»(ВН), «відсутні»(Н), «додатньо низькі»(ДН), «додатньо високі»(ДВ)} \}$. Для термів «ВН», «Н», «ПН» запропоновано використовувати ФП, що формується з використанням кусочно-лінійної апроксимації та має трикутну структуру. Крайні терми «ВВ» та «ПВ» описуються ФП, яка має трикутну структуру відповідно відкриту ліворуч та праворуч [1,2]. З метою пристосованості бази правил та відповідності висновків до практичних оперативних заходів необхідним є уточнення значень терм-множин а саме (ВВ,ДВ)~ A_n , (ВН,ДН)~ $A_{ваг}$, $H < A_{ваг}$, де A_n – місткість вагонів швидкісного поїзду розміром від мінімального складу та більше, та $A_{ваг}$ – місткість вагонів швидкісного поїзду розміром від 1 до мінімального складу.

Другу ЛЗ H описано за допомогою терм-множини $T_2 = \{ \langle \text{«нижче мінімального»(НМ), «оптимальне»(О), «вище максимального»(ВМ)} \}$. Нечіткий терм «оптимальне» представлений за допомогою ФП симетричного гаусового типу. Для крайніх термів лінгвістичної змінної ФП формуються на основі поліноміальних кривих. Приймаємо для термів «нижче мінімального» та «вище максимального» відповідно Z-подібну ФП, що представляє собою асиметричну поліноміальну криву відкриту ліворуч та S-подібну ФП, яка є дзеркальним відображенням функції Z [1,2].

Третю ЛЗ K_n описано за допомогою терм-множини $T_3 = \{ \langle \text{«низький»(Н), «середній»(С), «високий»(В)} \}$. Нечіткий терм «середній» представлений за допомогою ФП симетричного гаусового типу. Для крайніх термів лінгвістичної змінної ФП формуються на основі поліноміальних кривих. Приймаємо для термів

«низький» та «високий» відповідно Z-подібну ФП, що представляє собою асиметричну поліноміальну криву відкриту ліворуч та S-подібну ФП, яка є дзеркальним відображенням функції Z.

Четверту ЛЗ $t_{об}$ визначаємо за допомогою терм-множини $T_4 = \{\text{«не достатній»(НД), «достатній»(Д)}\}$. Для термів цієї лінгвістичної змінної ФП також формуються на основі поліноміальних кривих. Приймаємо для термів «нижче ніж достатній» та «достатній» відповідно Z-подібну ФП та S-подібну ФП, яка є дзеркальним відображенням функції Z [2].

Для подальшого моделювання за принципами нечіткої логіки лінгвістичну інформацію доцільно представити у вигляді правил в формі нечітких умовних суджень типу "Якщо ... то", де перша частина правила містить набір умов, а друга є наслідком, що містить висновок. Генерування експертним шляхом нечіткої бази правил, яка грубо відображає взаємозв'язок між входами та виходом за допомогою системи логічних висловлень представляє собою перший етап побудови моделі - структурна ідентифікація.

В даній гібридній моделі вирішено використати нечіткий логічний висновок типу Сугено 1-го порядку [1,2,5,6]. В цьому випадку правило r_k для змінних x_i можна представити в наступному вигляді.

$$r_k : \text{Якщо } x_1 \in a_1^{(k)} \perp x_2 \in a_2^{(k)} \perp x_3 \in a_3^{(k)} \text{ то ,} \\ d_k = m_{0,k} + b_{1,k} \cdot x_1 + b_{2,k} \cdot x_2 + b_{3,k} \cdot x_3 + b_{4,k} \cdot x_4, \quad (12)$$

де r_k - нечітке правило за порядковим номером k , $k = \overline{1, N}$;

x_i - відповідні нечіткі ЛЗ;

$a_i^{(k)}$ - нечіткий терм з ФП $\mu_A^{(k)}(x_i)$, що застосовується для лінгвістичної оцінки змінної x_i у k -му правилі ($k = \overline{1, N}$, $i = \overline{1, n}$);

d_k - висновок кожного правила являє чітку лінійну функцію представлену як поліном першого порядку з коефіцієнтами $b_{1,k}, \dots, b_{q,k}$ ($q = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, N}$) та вільною складовою $m_{0,k}$;

\perp – операція логічного зв'язування *та, або*;

У результаті практичного аналізу розробки відповідних рішень для оперативного регулювання композиції міжрегіонального поїзда, була сформована експертна [1,2,7] система нечітких правил.

r_1 : Якщо $\Delta P \in \text{«ДН»}$ та $H \in \text{«ВМ»}$ та $K_n \in \text{«Н»}$ та $t_{об} \in \text{«Д»}$, то d_1 ;

r_2 : Якщо $\Delta P \in \text{«ВН»}$ та $H \in \text{«НМ»}$ та $K_n \in \text{«Н»}$ та $t_{об} \in \text{«Д»}$, то d_2 ;

r_3 : Якщо $\Delta P \in \text{«Н»}$ або $H \in \text{«О»}$ або $K_n \in \text{«Н»}$ або $t_{об} \in \text{«НД»}$, то d_3 ;

r_4 : Якщо $\Delta P \in \text{«ДН»}$ або $H \in \text{«ВМ»}$ або $K_n \in \text{«С»}$ або $t_{об} \in \text{«НД»}$, то d_4 ;

r_5 : Якщо $\Delta P \in \text{«ВН»}$ або $H \in \text{«НМ»}$ або $K_n \in \text{«С»}$ або $t_{об} \in \text{«НД»}$, то d_5 ;

r_6 : Якщо $\Delta P \in \text{«ДВ»}$ або $H \in \text{«ВМ»}$ або $K_n \in \text{«В»}$ або $t_{об} \in \text{«НД»}$, то d_6 ;

r_7 : Якщо $\Delta P \in$ “ВВ” або $H \in$ “НМ” або $K_n \in$ “В” або $t_{ob} \in$ “НД”, то d_7 .

Якщо t_{ob} менше за T_{op} , реалізація за необхідності оперативного регулювання композиції можлива лише шляхом збільшення часу знаходження поїзду на станції, що потребує корегування графіку обороту та, відповідно, графіку руху поїздів.

Розглянемо реалізацію запропонованої системи нечітких правил на основі штучної нейронної мережі з п'ятишаровою прямонаправленою архітектурою з використанням «логічних нейронів» (та-, або- нейронів) [1,2], що моделюють логічні зв'язування. У процесі функціонування нечітка мережа представляє собою структуру, що складається із спеціалізованих шарів.

Шар 1. Кожен нейрон першого шару є радіальним базисним нейроном [1,2], що перетворює значення вхідної змінної $x_i, i=1,4$ за допомогою відповідної ФП $\mu_A^{(k)}(x_i)$. Це параметричний шар, в якому параметри ФП підлягають адаптації в процесі навчання.

Шар 2. Другий шар непараметричний, кожен нейрон в якому моделює відповідний логічний зв'язок і посиляє на вихід активуючу силу правила, тобто ваги w_k , що представлені як оператори кон'юкції та диз'юкції у вигляді трикутної t-норми T і t-конорми S [1,2].

Для моделювання логічного оператора та використовується нечіткий нейрон, в якому вхідні сигнали x_i взаємодіють з вагами w_i , утворюючи добуток, який реалізується за допомогою трикутної t-конорми S, що представлена алгебраїчною сумою: $P = S(w_i, x_i)$, тоді як добуток об'єднується з використанням операції додавання на основі трикутної t-норми T – алгебраїчний добуток, що представляє собою вхід N нейрона: $N = T(w_i, x_i)$. Перетворення потенціалу, здійснюване нечітким нейроном із двома входами, має вигляд.

$$y = F(N) = T(S(w_1, x_1), S(w_2, x_2), S(w_3, x_3), S(w_4, x_4)) \quad (13)$$

Використовуючи протилежну підстановку, в якій добуток моделюється трикутною t-нормою T, а додавання зважених ваг – t-конормою S отримаємо перетворення, характерне для нечіткого або-нейрону.

$$y = F(G) = S(T(w_1, x_1), T(w_2, x_2), T(w_3, x_3), T(w_4, x_4)) \quad (14)$$

Таким чином, ваги визначаються нечіткою логічною операцією та як добуток ФП.

$$w_k = \mu_{A_1}^{(k)}(x_1) \cdot \mu_{A_2}^{(k)}(x_2) \cdot \mu_{A_3}^{(k)}(x_3) \cdot \mu_{A_4}^{(k)}(x_4), \quad (15)$$

а нечіткою логічною операцією або - як алгебраїчна сума.

$$w_k = (\mu_{A_1}^{(k)}(x_1) + \mu_{A_2}^{(k)}(x_2) + \mu_{A_3}^{(k)}(x_3) + \mu_{A_4}^{(k)}(x_4)) - \mu_{A_1}^{(k)}(x_1) \cdot \mu_{A_2}^{(k)}(x_2) \cdot \mu_{A_3}^{(k)}(x_3) \cdot \mu_{A_4}^{(k)}(x_4) \quad (16)$$

Шар 3. Неадаптивні вузли третього шару обчислюють нормовану силу правила [1,2].

$$\bar{w}_k = w_k / \sum_{i=1}^7 w_k \quad (17)$$

Шар 4. Четвертий шар з'єднаний з третім шаром та з усіма входами мережі. В ньому розраховується внесок одного нечіткого правила у вихід мережі [1,2].

$$\bar{w}_k d_k = \bar{w}_k (m_{0,k} + b_{1,k} \cdot x_1 + b_{2,k} \cdot x_2 + b_{3,k} \cdot x_3 + b_{4,k} \cdot x_4) \quad (18)$$

Це параметричний шар, у якому адаптації підлягають лінійні параметри $m_{0,k}, b_{1,k}, \dots, b_{q,k}$ для $(q = \overline{1, n}, k = \overline{1, N})$, які визначають функції наслідків правил. Шар 5. В останньому шарі ваги піддаються нормалізації й обчислюється вихідний сигнал d відповідно до виразу (19). Це також непараметричний шар [1,2].

$$d = \sum_{k=1}^7 \bar{w}_k d_k = \frac{\sum_{k=1}^7 w_k d_k}{\sum_{k=1}^7 w_k}. \quad (19)$$

Результат розробки нейро-нечіткої моделі у вигляді мережі ANFIS [1,2,8] представлено на рис. 2. Нечітка модель оптимізована по навчальній вибірці із 70 експериментальних даних у вигляді <вхід ($\Delta P, H, K_n, t_{об}$) – вихід (d)>.

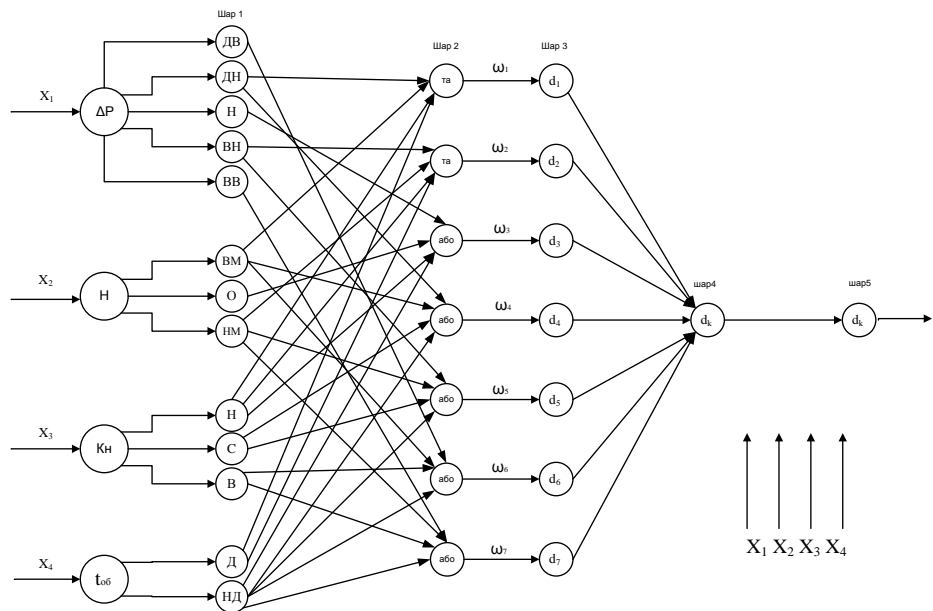


Рис. 2 – Нейро-нечітка структура мережі ANFIS

Мінімум похибки навчання складає

1,21% та досягається в районі 47-ї ітерації алгоритму. З метою перевірки моделі на адекватність за допомогою програмного продукту MATLAB було проведено тестування нечіткої мережі ANFIS. В результаті проведення тестування моделі на тестовій вибірці було встановлено, що похибка тестування не перевищує 4-5%, та відповідає необхідному рівню точності на виході моделі. Збільшення точності моделювання в подальшому процесі настроювання може бути досягнуте за рахунок подальшого навчання моделі під час надходження нових експериментальних даних.

Висновки. Реалізація запропонованої моделі у якості СППР для оперативного регулювання експлуатації рухомого складу в системі швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень дозволить покращити інформаційну підтримку в процесі оперативного планування пасажирського руху та автоматизувати процес формування оперативного управлінського рішення стосовно задач оптимізації експлуатаційної роботи в сфері швидкісних пасажирських перевезень. Подальший розвиток представленої СППР надасть можливість інтегрувати її до сектору швидкісних пасажирських перевезень АСК ПП УЗ з розширенням задач їх регулювання.

Список літератури: 1. Бутько Т. В., Прохорченко А. В. Застосування нейро-нечіткого моделювання в системах підтримки прийняття рішень для оперативного корегування поїздоутворенням пасажирських составів / Т. В. Бутько, А. В. Прохорченко // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2006. – Вып.1/2(19). – С. 32-36. 2. Константинов Д. В. Розроблення системи підтримки прийняття рішень з застосуванням нейро-нечіткого

моделивання для реалізації оперативного регулювання композиції составів у приміському сполученні [Текст] / Д. В. Константинов // Зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2009. – Вип. 111. – С. 68-81. **3. Язенин А. В.** Линейное программирование со случайными нечеткими данными [Текст] / А. В. Язенин // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1991.- №3.- С. 52-58. **4. Ротштейн А. П.** Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний [Текст] / А. П. Ротштейн, Ю. И. Митюшкин // Винницкий гос. техн. ун-т Винница: Универсум-Винница, 2002.-145 с. **5. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л.** "Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы" [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский //: Пер. с польск. И.Д. Рудинского.–М.:Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с. **6. Круглов В. В.** Сравнение алгоритмов Мамдани и Сугэно в задаче аппроксимации функции [Текст] / В. В. Круглов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2003. -№5.-С. 34-38. **7. Wang L. X.,** Generating fuzzy rules by learning from examples [Текст] / L. X. Wang, J. M. Mendel // IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics. 1992. V. 22.- № 6. -P.1414-1427. **8. Jang J.** ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System [Текст] /J. Jang // IEEE Trans. Systems & Cybernetics.- 1993.- Vol.23.- P.665-685.

Надійшла до редколегії 20.09.2013

УДК 656.027(477)

Моделивання процесу оперативного регулювання швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень / Константинов Д. В., Крамченко К. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.128-136. – Бібліогр.:8 назв.

В статті представлена реалізація перспективної розробки по удосконаленню системи швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень залізничних доріг України. Здійснено моделювання системи підтримки прийняття рішень оперативного управління процесом експлуатації швидкісного подвижного складу.

Ключевые слова: міжрегіональні, пасажирські, перевезення, пасажиропотоки, технологія, експлуатація, регулювання, моделювання.

The article presents the implementation of advanced development to improve the high-speed inter-regional passenger transportation system of railways in Ukraine. Performed simulation decision of support system for operational control in exploitation process of high-speed rolling stock.

Keywords: interregional, passenger, transportation, passenger traffic, technology, operation, regulation, modeling.

УДК 056.55

Н. М. ЛІЩИНА, канд. техн. наук, доц., Луцький інститут розвитку людини Університету «Україна»

СИНТЕЗ І РЕАЛІЗАЦІЯ В ПЛІС ПЕВНИХ ТИПІВ ПАМ'ЯТІ З ВПОРЯДКОВАНИМ ДОСТУПОМ

Наведено опис програмних моделей пам'яті з впорядкованим доступом. Пам'ять описано на мові VHDL та проведено її синтез в програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС) з використанням сучасних технологій та засобів проектування.

Ключові слова: пам'ять з впорядкованим доступом, налаштовувана сортувальна мережа, мова VHDL.

Вступ. Досліджувалися три типи структур пам'яті з впорядкованим доступом (ПВД): пам'ять з впорядкованим доступом на основі налаштовуваних сортувальних мереж (ПВДН), пам'ять із змінним впорядкованим доступом (ПЗВД) та пам'ять з фіксованим впорядкованим доступом (ПФВД). У функціональному відношенні

© Н. М. ЛІЩИНА, 2013

ПВДН переважає дві інші, оскільки дозволяє зберігати матриці даних та впорядковувати їх довільним чином, задавши порядок розміщення даних у вихідній матриці відповідними індексами.

ПЗДН дозволяє зберігати матриці даних та вимагає для їх впорядкування попереднього розрахунку оператора впорядкування Q , який задає порядок розміщення даних у вихідній матриці. ПФДН дозволяє зберігати матриці даних та здійснює їх впорядкування відповідно до правила, одноразово заданого при проектуванні цієї пам'яті. З ростом ємності ПВД (тобто кількості вхідних даних) затрати обладнання на ПЗВД та особливо на ПВДН зростають значно швидше, ніж на ПФВД. При цьому потрібно зауважити, що при великих значеннях N затрати обладнання на ПВДН стають недопустимо великими, тобто цей тип пам'яті доцільно застосовувати при малих значеннях N .

Мета роботи. Дослідити синтез програмних моделей пам'яті з впорядкованим доступом на основі налаштовуваної сортувальної мережі, та на основі комутуючої мережі з змінним та фіксованим впорядкованим доступом з певними характеристиками.

Методика експериментів. На етапі логічного синтезу пристрою використовуються програмні засоби логічного синтезу програмованих логічних інтегральних схем. Лідерами на світовому ринку виробників програмованих логічних інтегральних схем є фірми Altera, Xilinx, Actel, Lattice, Atmel, Lucent Technologies та ін.

Для програмування програмованих логічних інтегральних схем використовуються спеціальні апаратні засоби, складаються із друкованої плати, на яку поміщено кристал програмованої логічної інтегральної схеми, та засобів її програмування.

Ядра комп'ютерних пристроїв розробляються на мовах опису апаратних засобів. Для розробки та відлагодження ядер комп'ютерних пристроїв використовуються спеціальні інтегровані середовища із вбудованими засобами компіляції та симуляції. Серед них – ModelSIM від Mentor Graphics, Active-VHDL та Active-HDL від Aldec, ін.

Обговорення результатів. Виконаємо синтез програмних моделей пам'яті з впорядкованим доступом на основі налаштовуваної сортувальної мережі, та на основі комутуючої мережі з змінним та фіксованим впорядкованим доступом з наступними характеристиками: $N=8$, $l=m=4$, $n=k=2$. Вибір такої малої ємності дозволить в повній мірі показати процес проектування та схемотехнічні рішення ПВД.

Проектування функціональних вузлів ПВД. В якості комірок пам'яті в ПВД використано регістри, на основі яких синтезовано запам'ятовуюче середовище даних. Опис інтерфейсу цього запам'ятовуючого середовища даних мовою VHDL наведено на рис.1.

Після проведення моделювання засобами ISE фірми Xilinx отримано модель елемента запам'ятовуючого середовища, графічне позначення інтерфейсу якого наведено на рис.2. [1]

На рис.3 показано внутрішню структуру запам'ятовуючого середовища даних, яка складається з 4 регістрів та 2 елементів I , а також їх з'єднань.

```

ENTITY reg_gr_0 IS
PORT (
D_0 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_1 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_2 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_3 : in std_logic_vector (7 downto 0);

W : in std_logic;
Count : in std_logic_vector (1 downto 0);
CLK : in std_logic;

O_0 : out std_logic_vector (7 downto 0);
O_1 : out std_logic_vector (7 downto 0);
O_2 : out std_logic_vector (7 downto 0);
O_3 : out std_logic_vector (7 downto 0)
);
end reg_gr_0;

```

Рис.1 – Опис інтерфейсу запам'ятовуючого середовища мовою VHDL

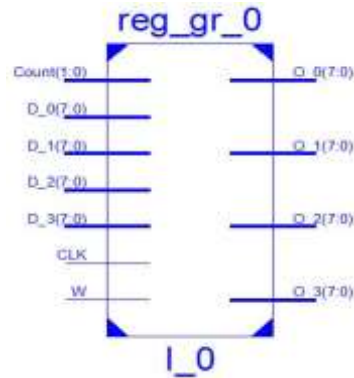


Рис.2 – Графічне позначення інтерфейсу запам'ятовуючого середовища даних

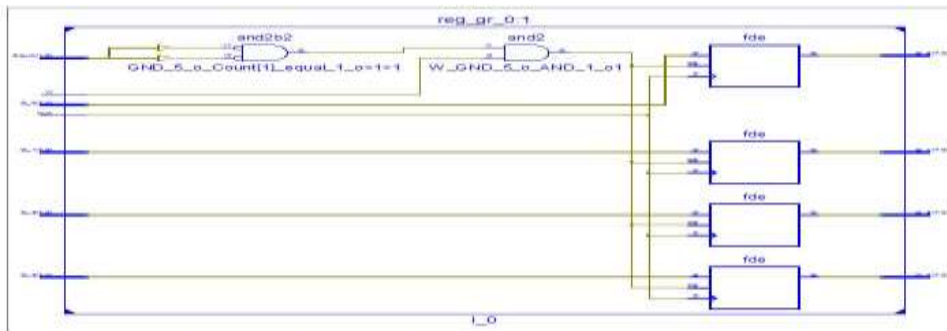


Рис.3 – Внутрішня структура запам'ятовуючого середовища даних

Проектування налаштовуваної сортувальної мережі ПВДН. VHDL опис інтерфейсу базового елемента налаштовуваної сортувальної мережі наведено на рис. 3, а його внутрішню структуру наведено на рис. 4. [2] Відповідно, VHDL опис інтерфейсу налаштовуваної сортувальної мережі та її внутрішня структура, наведені на рис.6 та 7.

```

ENTITY elem_compare IS
PORT (
ID0 : in std_logic_vector (7 downto 0);
ID1 : in std_logic_vector (7 downto 0);
T : in std_logic;
OD0 : out std_logic_vector (7 downto 0);
OD1 : out std_logic_vector (7 downto 0)
);
end elem_compare;

```

Рис.4 – VHDL опис інтерфейсу базового елемента налаштовуваної сортувальної мережі

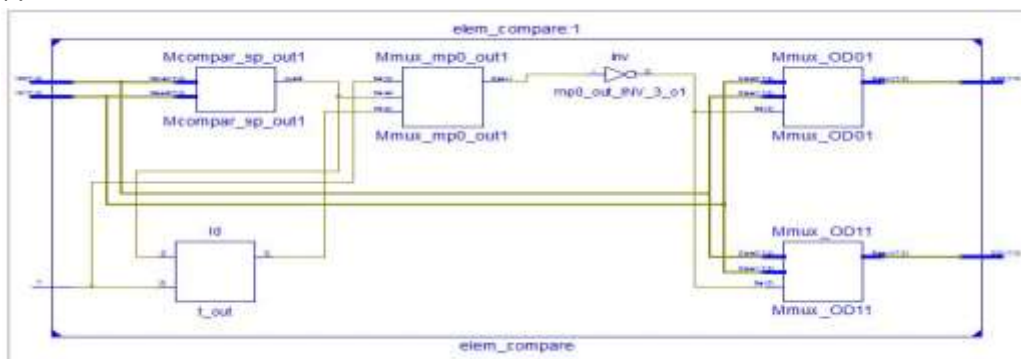


Рис.5 – Внутрішня структура базового елемента налаштовуваної сортувальної мережі

```

ENTITY sort_net IS
PORT (
D_in_0 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_1 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_2 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_3 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_4 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_5 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_6 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_7 : in std_logic_vector (7 downto 0);

T: in std_logic;

D_out_0 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_1 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_2 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_3 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_4 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_5 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_6 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_7 : out std_logic_vector (7 downto 0)
);
end sort_net;

```

Рис.6 - VHDL опис інтерфейсу налаштовуваної сортувальної мережі

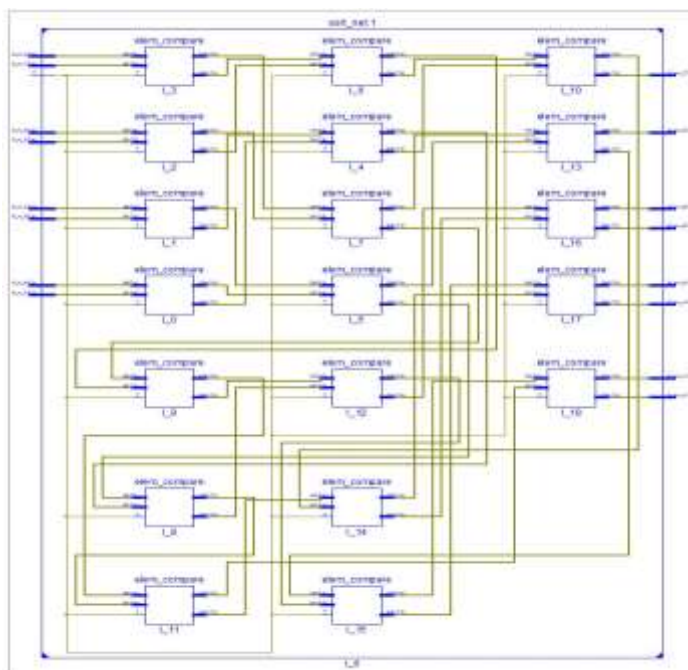


Рис.7 - Внутрішня структура налаштовуваної сортувальної мережі

Опис інтерфейсу пам'яті з впорядкованим доступом. VHDL описи інтерфейсів ПВДН, ПЗВД та ПФВД наведено на рис.8, 9, та 10, відповідно.

```

ENTITY pvdn IS
PORT (
D_in_0 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_1 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_2 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_3 : in std_logic_vector (7 downto 0);

T      : in std_logic;

CLK    : in std_logic;
W      : in std_logic;
R      : in std_logic;

D_out_0 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_1 : out std_logic_vector (7 downto 0)
);
END pvdn ;

```

Рис.8 – VHDL опис інтерфейсу ПВДН.

```

ENTITY pzvd IS
PORT (
D_in_0 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_1 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_2 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_3 : in std_logic_vector (7 downto 0);

Q      : in std_logic_vector (18 downto 0);

CLK    : in std_logic;
W      : in std_logic;
R      : in std_logic;

D_out_0 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_1 : out std_logic_vector (7 downto 0)
);
END pzvd ;

```

Рис.9 – VHDL опис інтерфейсу ПЗВД

```

ENTITY pfvd IS
PORT (
D_in_0 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_1 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_2 : in std_logic_vector (7 downto 0);
D_in_3 : in std_logic_vector (7 downto 0);

CLK    : in std_logic;
W      : in std_logic;
R      : in std_logic;

D_out_0 : out std_logic_vector (7 downto 0);
D_out_1 : out std_logic_vector (7 downto 0)
);
END pfvd ;

```

Рис.10 – VHDL опис інтерфейсу ПФВД

На основі цих описів з використанням середовища проектування Xilinx ISE 13.2

було виконано синтез даних типів пам'яті. Графічне позначення інтерфейсів ПВД для ПВДН, ПЗВД та ПФВД показано на рис.11.

Тут $D_in_0 - D_in_3$ – чотири вхідні порти 8-мирозрядних даних, CLK – сигнал синхроімпульсів, Q – вхід впорядкування даних, T – вхід режиму запису даних (дані чи мітки для впорядкування), W – сигнал запису даних, R – сигнал читання даних, D_out_0, D_out_1 – два вихідні порти відсортованих 8-мирозрядних даних.

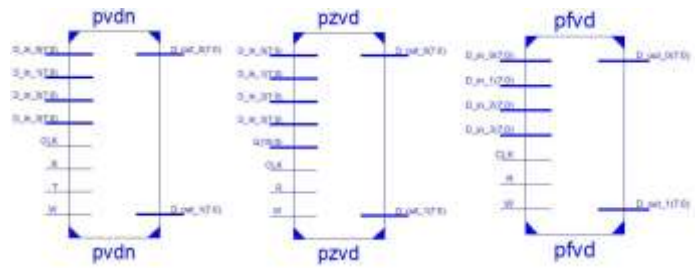


Рис.11 – Графічне позначення інтерфейсів ПВДН, ПЗВД та ПФВД

Архітектурний опис ПВД. Відповідно до вибраних характеристик ПВД ($N=8, l=m=4, n=k=2$) дані та індекси подаються на порти двома групами по чотири елементи в кожній групі. При переході сигналу CLK з «0» в «1» та при високому рівні сигналу Q відбувається паралельний запис чотирьох елементів даних та

відповідних їм індексів у пам'ять. Коли у пам'ять записана друга група даних, то при наступному переході сигналу CLK з «0» в «1» можна виконувати зчитування відсортованих даних. Зчитування результату відбувається при активному рівні сигналу R та переході сигналу CLK з «0» в «1». [3,4]

На рис. 12 наведено схему ПВДН, синтезовану з архітектурного опису мовою VHDL в програмному середовищі Xilinx ISE 13.2.

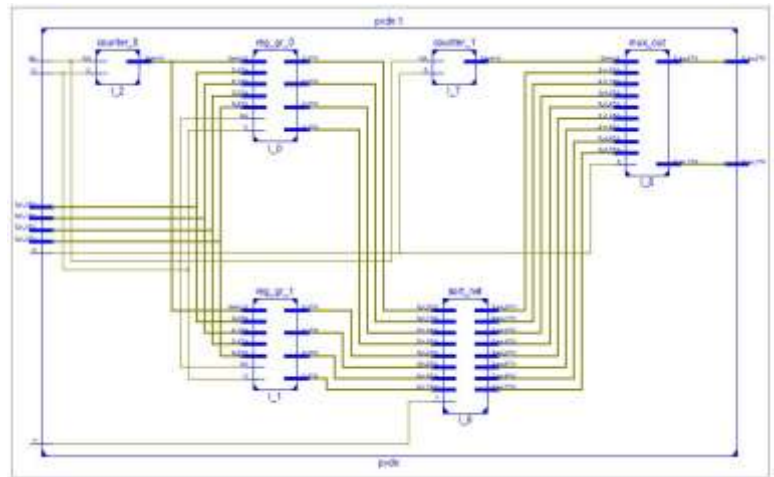


Рис. 12 – Структура ПВДН, отримана в результаті синтезу засобами Xilinx ISE 13.2

На рис. 13 наведено схему ПЗВД, синтезовану з архітектурного опису мовою VHDL в програмному середовищі Xilinx ISE 13.2.

На рис. 14 наведено схему ПФВД, синтезовану з архітектурного опису мовою VHDL в програмному середовищі Xilinx ISE 13.2.

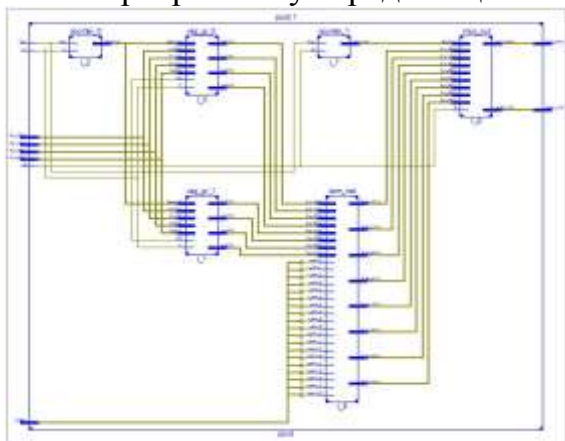


Рис. 13 – Структура ПЗВД, отримана в результаті синтезу засобами Xilinx ISE 13.2

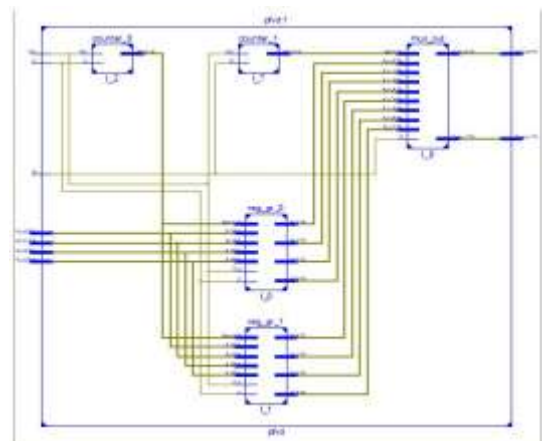


Рис. 14 – Структура ПФВД, отримана в результаті синтезу засобами Xilinx ISE 13.2

Реалізація програмної моделі пам'яті з впорядкованим доступом в ПЛІС. В табл. наведено результати синтезу розроблених вище програмних моделей пам'яті з впорядкованим доступом в ПЛІС 6vсx75tff484-2 фірми XILINX.

Таблиця – Результати синтезу ПВДН в ПЛІС 6vсx75tff484-2 фірми XILINX
Selected Device : 6vсx75tff484-2

Slice Logic Utilization:

Number of Slice Registers:	86 out of 93120	0%
Number of Slice LUTs:	579 out of 46560	1%
Number used as Logic:	579 out of 46560	1%

Slice Logic Distribution:

Number of LUT Flip Flop pairs used:	643	
Number with an unused Flip Flop:	557 out of 643	86%
Number with an unused LUT:	64 out of 643	9%
Number of fully used LUT-FF pairs:	22 out of 643	3%
Number of unique control sets:	5	

IO Utilization:

Number of IOs:	52	
Number of bonded IOBs:	52 out of 240	21%

Specific Feature Utilization:

Number of BUFG/BUFGCTRLs:	2 out of 32	6%
---------------------------	-------------	----

Minimum period: 1.247ns (Maximum Frequency: 802.137MHz)

Теоретична частота, тобто дана пам'ять може працювати на максимальній частоті ПЛІС, яка приблизно становить 250-300 МГц.

Висновки. Проведено синтез програмних моделей пам'яті з впорядкованим доступом на основі налаштовуваної сортувальної мережі та пам'яті з змінним та фіксованим впорядкованим доступом на основі комутуючих мереж. Моделі створено з використанням мови VHDL, отримано схемотехнічні рішення розроблених типів пам'яті. Здійснена реалізація програмних моделей пам'яті з впорядкованим доступом на основі налаштовуваної сортувальної мережі та пам'яті з змінним та фіксованим впорядкованим доступом на основі комутуючих мереж в ПЛІС 6vсx75tff484-2 фірми XILINX.

Список літератури: 1. *Кузелин, М.* ПЛІС фірми Xilinx: семейство Spartan-II [Текст] / *М. Кузелин* // Компоненты и технологии. – 2001.- № 3. 2. *Соловьев, В. В.* Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем [Текст] / *В. В. Соловьев.* — Санкт-Петербург: Горячая Линия - Телеком, 2001. - 636 с. 3. *Мальцев, П. П.* Программируемые логические ИМС на КМОП-структурах и их применение [Текст] / *П.П. Мальцев, Н.И. Гарбузов, А.П. Шаранов, Д.А. Кнышев.* — М.: Энергоатомиздат, 1998. 4. *Соловьев, В. В.* Логическое проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем [Текст] / *В. В. Соловьев, А. Климович.* — Санкт-Петербург: Горячая Линия - Телеком, 2008. - 376 с.

Надійшла до редколегії 20.09.2013

УДК 056.55

Синтез и реализация в плис определенных видов памяти с упорядоченным доступом / **Ліщина Н. М.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.136-142. – Бібліогр.: 4 назв.

Приведено описание программных моделей памяти с упорядоченным доступом. Память описано на языке VHDL и проведено ее синтез в ПЛИС с использованием современных технологий и средств проектирования.

Ключевые слова: память с упорядоченным доступом, настраиваемая сортировочная сеть, язык VHDL.

The description of program memory models with an ordered access. Memory is described in VHDL language and implemented its synthesis in FPGA using modern technologies and design tools.

Keywords: memory with an ordered access, customizable sorting network, VHDL language.

УДК 656.212

О. О. МАЗУРЕНКО, канд. техн. наук, доц., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТУ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДІВ

У статті розглянуто вплив застосування різних варіантів технології роботи технічної станції по обміну груп вагонів у двогрупному поїзді на основні показники її роботи та пов'язані витрати. При виконанні досліджень розглянуто основні фактори, які мають суттєвий вплив на витрати станції по обміну груп вагонів, з урахуванням оперативного стану технічної станції та прилеглих підходів.

Ключові слова: двогрупних поїзд, група вагонів, технологія роботи, технічна станція, показники роботи.

Вступ та постановка задачі. Удосконалення організації вантажних вагонопотоків повинно забезпечувати зниження витрат, які пов'язані з організацією вагонопотоків у поїзди, та покращення якісних експлуатаційних показників роботи технічних станцій та залізничних напрямків [1].

Основними показниками якості експлуатаційної роботи технічної станції є величина середнього простою транзитного вагона без переробки та транзитного вагона з переробкою [2]. Щорічно, на основі аналізу роботи за попередній період, для станції встановлюється нормативна величина кожного з наведених показників, яка є обов'язковою до виконання. Якщо нормативна величина середнього простою транзитного вагона без переробки, в основному, виконується, то величина середнього простою транзитного вагона з переробкою не виконується на більшості технічних станцій. Як показав розгорнутий аналіз роботи ряду сортувальних станцій, основною причиною перевищення норми середнього простою транзитного вагона з переробкою на станції є збільшення простою вагонів під накопиченням. При цьому величина перевищення складає, в середньому, від 0,22 до 3,56 год. Це призводить до збільшення витрат залізниць на організацію вантажних вагонопотоків у поїзди.

Аналіз досліджень та публікацій. Одним з можливих заходів щодо зменшення тривалості простою транзитних вагонів з переробкою на станції та знаходження їх на залізничному напрямку вцілому є оперативне формування двогрупних поїздів на базі попутних призначень плану формування поїздів [3–5]. При цьому необхідно визначити умови застосування оперативного формування двогрупних поїздів та встановити вплив окремих факторів на їх ефективність.

Важливим елементом роботи з двогрупним поїздом в процесі його просування

© О. О. МАЗУРЕНКО, 2013

на залізничному напрямку є виконання обміну груп вагонів на одній з попутних технічних станцій. Оптимізація роботи технічної станції є додатковим джерелом підвищення ефекту від оперативного формування двогрупного поїзда. Враховуючи те, що майже 70% часу обороту вагон перебуває на технічних та вантажних станціях, виникає необхідність в удосконаленні технології їх роботи з метою зменшення простою рухомого складу. В роботі [6] запропоновано загальний підхід до зниження витрат, пов'язаних з обслуговуванням поїздів на залізничних станціях, за рахунок удосконалення технологічного процесу їх роботи.

В роботі [7] запропоновано застосування сумісної гнучкої технології обробки поїздів на станціях. Застосування запропонованої технології дозволить скоротити час перебування вагонів на станціях. Крім цього реалізація гнучкої технології дозволить приймати оперативним працівникам обґрунтовані рішення щодо вибору технології обслуговування поїздів з точки зору ресурсозбереження та раціонального використання технічних засобів станції. В роботі наголошується, що враховуючи особливості технології роботи та технічного оснащення кожної станції технологія повинна бути гнучкою та мати можливість пристосовуватися до конкретних умов.

Результати досліджень. В процесі просування двогрупного поїзда на залізничному напрямку на одній з попутних технічних станцій виникає необхідність виконання обміну груп вагонів. Відповідно до [7] обмін груп вагонів виконується з застосуванням приймально-відправного парку станції. До прибуття двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів необхідно підготувати та виставити в приймально-відправний парк причіпну групу вагонів (ПГВ). Це скорочує тривалість знаходження двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів.

Але попутна технічна станція не завжди може забезпечити наявність в приймально-відправному парку підготовленої ПГВ. Відповідно виникає простій двогрупного поїзда в очікуванні накопичення та готовності ПГВ. Це негативно відображається на якісних показниках роботи станції. На практиці, для запобігання виникнення таких ситуацій та зменшення витрат, двогрупний поїзд приймають в парк прийому або приймально-відправний парк та виконують з ним такі ж операції, як і з поїздом, що надходить у розформування.

На момент прибуття двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів можливе оперативне застосування однієї з двох технологій обслуговування двогрупного поїзда. Для зменшення витрат, пов'язаних з виконанням обміну груп вагонів необхідно застосовувати ту чи іншу технологію, тобто вирішувати питання про застосування раціональної технології з урахуванням поточної ситуації, яка склалася на станції та враховувати склад двогрупного поїзда.

Дослідження впливу технології обміну груп вагонів на показники роботи та витрати технічної станції виконувалися на моделі, що детально описана в роботі [9]. При цьому розглядалися три варіанти технології обміну груп вагонів:

- двогрупний поїзд приймається в парк прийому (або в приймально-відправний парк), де з ним виконуються ті ж операції, що і з поїздом, який надійшов у розформування (варіант 1);

- двогрупний поїзд приймається в приймально-відправний парк, де відбуваються операції з обміну груп вагонів (варіант 2);

- оперативне застосування варіанту 1 або варіанту 2 (адаптивна технологія).

У якості основних впливаючих факторів розглядалися потужність вагонопотоку та необхідність зміни поїзного локомотива. Результатами моделювання були

наступні показники роботи станції за період її роботи протягом одного року:

- кількість поїздів по категоріям (одногрупні, двогрупні), які прийнято та відправлено зі станції;
- сумарні вагоно-години знаходження вагонів кожного призначення;
- обсяг маневрової роботи, пов'язаної з формуванням, розформуванням та обміном груп вагонів;
- тривалість знаходження на станції поїзних локомотивів;
- сумарні витрати, пов'язані з обслуговуванням двогрупних поїздів.

Для можливості аналізу на рис.1 наведено характер зміни сумарної тривалості знаходження вагонів двогрупного поїзда на станції обміну груп в залежності від потужності вагонопотоку та при необхідності зміни поїзного локомотива, а на рис. 2 – при відсутності зміни поїзного локомотива.

Умовні позначення на інших рисунках відповідають тим, що застосовані на рис.1. Аналіз наведених залежностей показує, що найменші вагоно-години простою, незалежно від потужності вагонопотоку, забезпечує адаптивна технологія.

Застосування двогрупних поїздів також впливає на обсяг маневрової роботи, яка пов'язана з обміном груп вагонів, формуванням та розформуванням поїздів. На основі аналізу отриманих даних побудовано залежність зміни обсягу маневрової роботи від величини вагонопотоку, які наведена на рис. 3 та рис. 4.

Аналізуючи залежність на рис. 3 можна зробити висновок, що використання адаптивної технології потребує значних, у порівнянні з іншими варіантами, витрат маневрової роботи. А при необхідності зміни поїзного локомотива (див. рис. 4) – витрати маневрової роботи є найменшими. Це пояснюється тим, що при відсутності зміни поїзного локомотива частину маневрової роботи виконує поїзний локомотив, а це потребує більшої кількості маневрових пересувань. Як показали результати досліджень кількість двогрупних поїздів та роль станції обміну груп вагонів у системі обслуговування поїздів локомотивами (потреба у зміні поїзного локомотива)

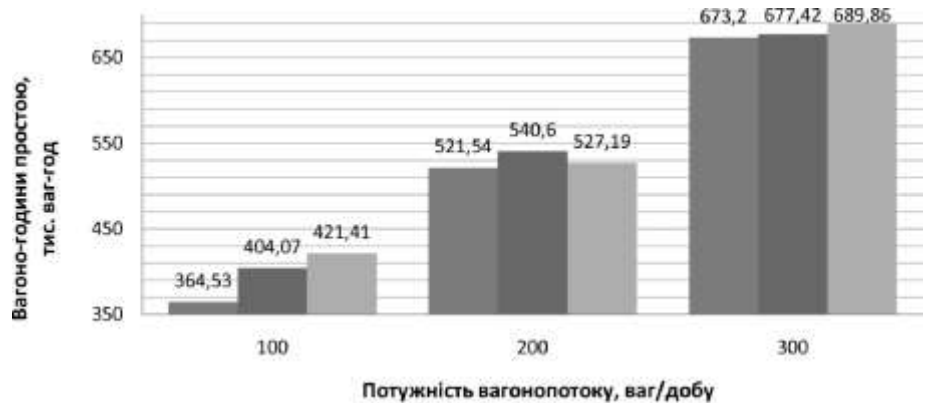


Рис. 1 – Сумарна тривалість знаходження вагонів на станції за варіантами технології обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива

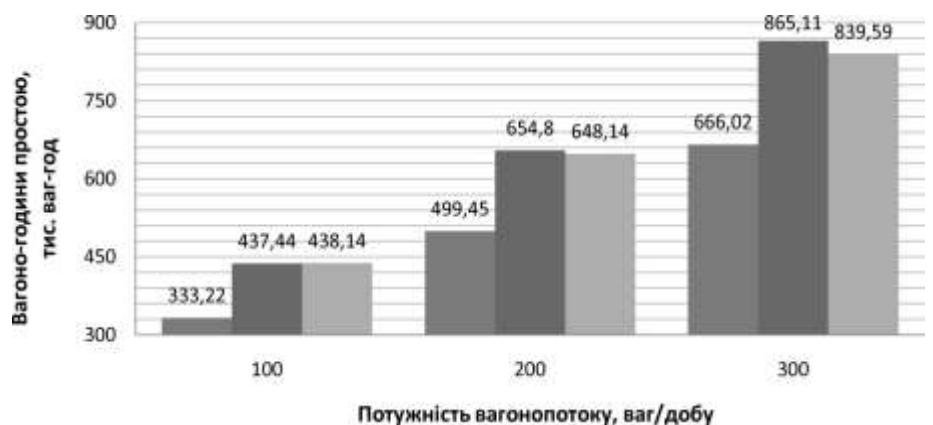


Рис. 2 – Сумарна тривалість знаходження вагонів на станції за варіантами технології обміну груп вагонів зі зміною поїзного локомотива

впливають на тривалість знаходження поїзних локомотивів на технічній станції. На рис.5 та рис.6 наведено залежності сумарної тривалості простою поїзних локомотивів на станції В від потужності вагонопотоку та системи обслуговування поїздів локомотивами.

Аналіз даних залежностей показує, що використання адаптивної технології майже не впливає на тривалість знаходження поїзного локомотива на станції (рис.5), або забезпечує її найменшу величину (рис.6). Все вищевикладене призводить до зміни загальних експлуатаційних витрат технічної станції, пов'язаних з обслуговуванням двогрупних поїздів. На рис.7 та рис.8 наведено залежності експлуатаційних витрат від потужності вагонопотоку.

Аналіз даних залежностей показує, що використання адаптивної технології обробки поїздів в усіх

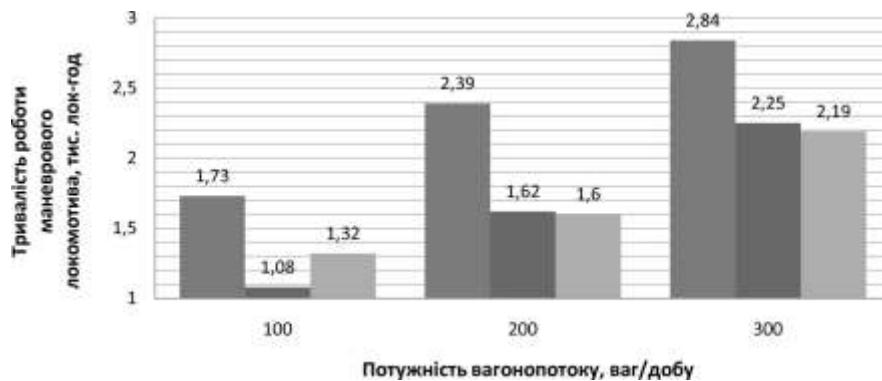


Рис. 3 – Сумарна тривалість роботи маневрового локомотива на станції за варіантами технології обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива

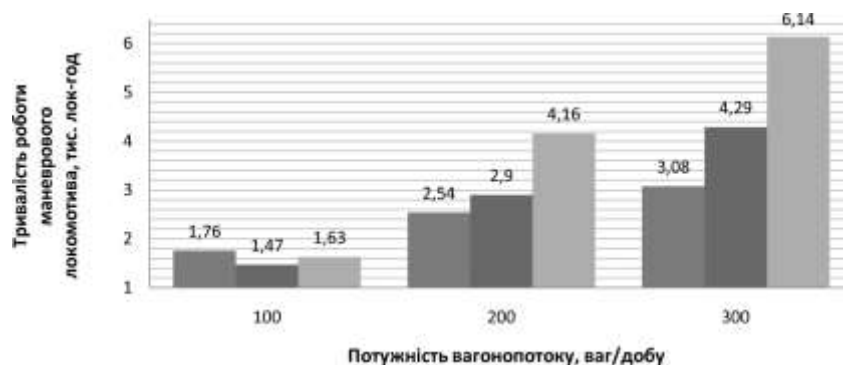


Рис. 4 – Сумарна тривалість роботи маневрового локомотива на станції за варіантами технології обміну груп вагонів зі зміною поїзного локомотива

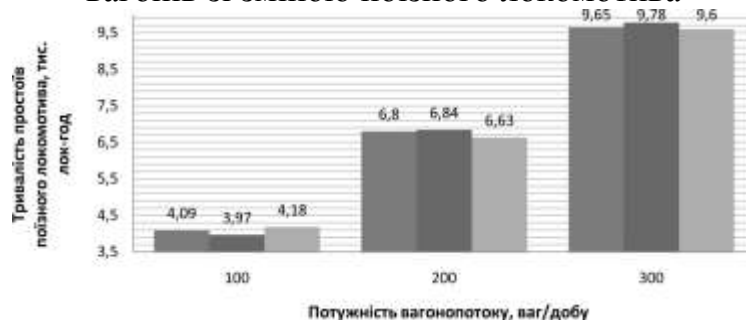


Рис. 5 – Сумарна тривалість простоїв поїзного локомотива на станції за варіантами технології обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива

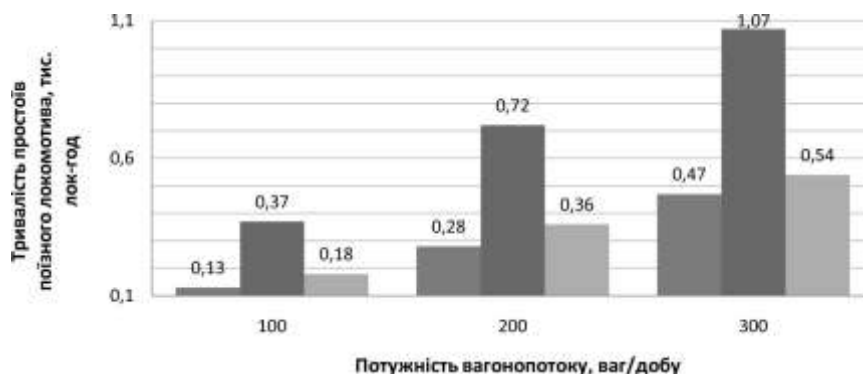


Рис. 6 – Сумарна тривалість простоїв поїзного локомотива на станції за варіантами технології обміну груп вагонів зі зміною поїзного локомотива

випадках забезпечує найнижчі витрати. Найбільший економічний ефект забезпечується при потужності вагонопотоку 300 ваг/добу та у порівнянні з витратами при застосуванні варіанту 2 обробки составу (1887,06 тис. грн. на рік).



Рис.7 – Сумарні витрати на станції за варіантами технології обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива

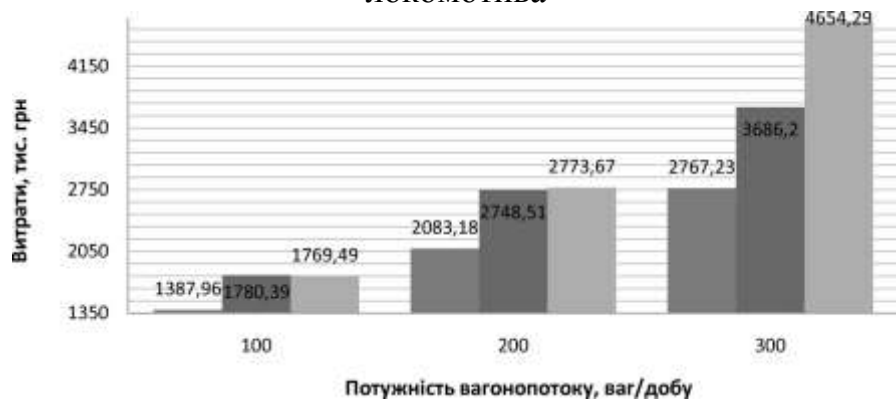


Рис.8 – Сумарні витрати на станції за варіантами технології обміну груп вагонів зі зміною поїзного локомотива

Висновки. Результати досліджень показали, що впровадження адаптивної технології, яка базується на оперативному використанні однієї з двох можливих технологій обміну груп вагонів на технічній станції, забезпечує певний економічний ефект. При цьому величина цього ефекту залежить як від ролі технічної станції в тяговому обслуговуванні двогрупних поїздів, так і від потужності вагонопотоку, який приймає участь у обміні груп вагонів.

Список літератури: 1. Концепція Державної Програми реформування залізничного транспорту України [Текст] / Схвалено розпорядженням КМУ №651-р від 27.12.2006 р. – Київ: Магістраль, №1 (1179) 10 – 16 січня 2007р. – С. 6. 2. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст] / Міністерство транспорту та зв'язку України, державна адміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця. – К: ТОВ «Швидкий рух». – 2005. – 100 с. 3. Прохорченко А. В. Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення [Текст] / А. В. Прохорченко, Л. В. Корженівський // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – №6/6(36). – С.37-40. 4. Бородин А. Ф. Управление вагонопотоками в современных условиях [Текст] / А. Ф. Бородин // Ж.д. транспорт. – 1996. – №5. – С.10 -15. 5. Богомазова Г. С. Проблема вибору раціонального варіанту організації вагонопотоків [Текст] / Г.С. Богомазова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – №1/3(49). – С.33-35. 6. Беркешева А. С. Технологический процесс работы железнодорожных станций в современных условиях [Текст] / А. С. Беркешева // Вестник КазНТУ. – Алматы 2009. – №1. – С. 40-42. 7. Шаповал Г. В. Формування гнучкої технології обробки поїздів на станціях на основі принципів ресурсозбереження [Текст] / Г. В. Шаповал // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2007. – 5/2(29). – С.49-52. 8. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції

[Текст] / Министерство транспорта Украины, Укрзалізниця. – Київ. – 2009. – 229 с. 9. Мазуренко О. О. Функціональна модель роботи технічної станції для дослідження різних технологій обміну груп вагонів у двогрупних поїздах [Текст] / О. О. Мазуренко, А. В. Кудряшов // Збірник наукових праць ДонІЗТу – 2012. – №31. – С. 17-24.

Надійшла до редколегії 20.09.2013

УДК 656.212

Определение эффекта от использования адаптивной технологии обслуживания двугруппных поездов / Мазуренко А. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.142-147. – Бібліогр.: 9 назв.

В статье рассмотрено влияние использования разных вариантов технологии работы технической станции по обмену групп вагонов в двугруппном поезде на основные показатели ее работы и связанные затраты. При выполнении исследований рассмотрены основные факторы, которые имеют значительное влияние на затраты станции по обмену групп вагонов, с учетом оперативного состояния технической станции и прилегающих подходов.

Ключевые слова: двугруппный поезд, группа вагонов, технология работы, техническая станция, показатели работы.

The article considers the impact of using different versions of the technology of the technical station for the exchange of wagon groups in two-unit train on the basic parameters of its work and the associated costs. In carrying out research examined the main factors which have a significant impact on costs to exchange wagon groups, considering the operational condition of technical station and adjacent approaches.

Keywords: two-unit train, group cars, technology work, technical station, performance indicators.

УДК 519.866

В. М. ВАРТАНЯН, д-р техн. наук, проф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков;

А. Н. СКАЧКОВ, ст. преп., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков;

Д. С. РЕВЕНКО, канд. экон. наук, ст. преп., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Рассмотрены вопросы моделирования экономической безопасности предприятия в условиях неопределенности исходных данных. Авторами усовершенствована модель оценивания уровня экономической безопасности для случая параметрической неопределенности исходных данных, которая основана на интегральной модели оценивания экономической безопасности предприятия и операциях над интервальными числами, позволяющая в отличии от существующих моделей учитывать неопределенность в исходных данных и адекватно интерпретировать полученные результаты.

Ключевые слова: моделирование, критерий, неопределенность, визуализация, риск.

Введение. Современные реалии, которые можно охарактеризовать нестабильным развитием практически всех секторов национальной экономики, отсутствием государственной поддержки и защиты отечественных предприятий, а также неурегулированностью многих механизмов управления и негативными изменениями состояния предприятий под влиянием меняющегося внешнего

окружения, обуславливают необходимость углубленного развития вопросов адаптации и устойчивости предприятий, поддержки достаточного уровня безопасности и стабильности функционирования в неопределенных условиях рынка.

Цель работы. Целью работы является разработка модели диагностирования экономической безопасности предприятия в интервальной форме, а также инструментальных средств визуализации полученных результатов.

Обсуждение результатов. Проблема поддержки надлежащего уровня безопасности на предприятии всегда была одной из наиболее приоритетных, а учитывая прогрессирующий мировой кризис ее значимость значительно повышается [1]. Основной вклад в развитие данного направления науки послужили работы отечественных и зарубежных ученых: Козаченко А. В., Пономарева В. П., Евдокимова Ф.И., Мизина О. В., Яценко Н. М., Михайлюка С. О., Соколенко Т. М., Одинцова А. А., Покропивного С. Ф., Фисуненко П. А., Нагорного В. В., Левченко В. Ф., Мацибора В. И., Ковальчука И. В. и Камлика М. И.

Большинство ученых занимающихся проблемами экономической безопасности посвящают свои исследования аналитическому обзору дестабилизирующих факторов, которые влияют на экономическую безопасность предприятия, или прогностическим подходам к изменениям внутренней и внешней среды предприятия. К наиболее весомым научным результатам, как было отмечено выше, можно отнести следующие: разработку понятийного аппарата теории экономической безопасности, определение основных составляющих экономической безопасности предприятия, классификацию угроз, формирование механизмов обеспечения экономической безопасности и предложений относительно критериев оценки состояния экономической безопасности предприятия [2]. Все это требует значительного внимания и дальнейшего усовершенствования методических подходов к моделированию диагностической системы экономической безопасности предприятия. Направлением решения этой проблемы является разработка комплекса моделей и методов, а также информационной технологии оценки и диагностики экономической безопасности предприятия, что даст возможность своевременно диагностировать угрозы устойчивого функционирования и развития предприятия, разработки комплекса опережающих реакций по их локализации.

Авторами предложена модель и метод оценивания уровня экономической безопасности [3] вида:

$$IES = \sum_{p=1}^h w_p \cdot F_p - \sum_{u=1}^m w_u \cdot F_u, \quad (1)$$

где F_p, F_u - функциональные критерии позитивного (стимулирующего) и негативного (дестимулирующего) воздействия на экономическую безопасность предприятия соответственно; w_p, w_u - удельный вес значимости показателей F_p, F_u ; h, m - количество показателей позитивного (стимулирующего) и негативного (дестимулирующего) воздействия на экономическую безопасность предприятия соответственно.

Также модель (1) можно представить в виде набора параметров, которыми можно управлять и соответственно, которыми нельзя управлять:

$$IES = \sum_{p=1}^h (w_p^c \cdot F_p^c) + (w_p^e \cdot F_p^e) - \sum_{u=1}^m (w_u^c \cdot F_u^c) + (w_u^e \cdot F_u^e), \quad (2)$$

где s, e - индексы показателей, указывающие на управляемость или неуправляемость функциональными параметрами экономической безопасности предприятия.

Модель (2) состоит из двух сумм критериев стимулирующего и дестимулирующего воздействия, каждая из которых при наилучших показателях критериев экономической безопасности будет равна 1 и -1 соответственно. Следовательно, если $IES = 0$ - предприятие находится в состоянии безопасности, если $IES > 0$ - предприятие набирает потенциал безопасности, если значение индекса $IES < 0$ - предприятие находится в зоне опасности его экономической деятельности.

В условиях рыночной экономики явления, порожденные переломо- и скачкообразными изменениями в короткие промежутки времени, вообще не поддаются долгосрочному количественному обоснованию. Здесь существует некая неопределенность параметров экономической среды [4]. Вместе с тем имеется значительное количество экономических задач, в которых невозможно однозначно определить основные параметры и переменные модели изучаемого процесса или явления. В этом случае говорят, что принятие хозяйственного решения осуществляется в условиях неопределенности.

Неопределенность – это недостаток информации о вероятностных будущих событиях, это неполнота и неточность информации об условиях реализации явления или процесса. Следствием этой ситуации является появление риска.

Среди множества источников неопределенности выделяются главным образом неполнота, недостаточность информации, случайность, которую нельзя предугадать, и противодействие. В процессе принятия решений возникают различные виды неопределенности в зависимости от причин ее проявления. Выделяют факторы неопределенности среды и факторы личностной неопределенности [5].

В зависимости от источника неточности и неопределенности данных в настоящее время используются различные методы и модели описания неопределенных данных, включая:

- вероятностную;
- нечеткую;
- интервальную.

Интервальное представление факторов неопределенности в последнее время привлекает все большее внимание исследователей, как наименее ограничительное и отвечающее широкому классу практических задач. Во многих прикладных задачах часто нет оснований или недостаточно информации для того, чтобы рассматривать факторы неопределенности, как случайные (например, когда нельзя предположить возможность многократного проведения эксперимента на исследуемом объекте при неизменном действии неучтенных и неуправляемых факторов). Это приводит к необходимости учета неопределенности нестатистической (или в общем случае неизвестной) природы, когда относительно факторов неопределенности ничего не известно кроме их свойства быть ограниченными.

В таких условиях наиболее общей и наиболее естественной моделью описания факторов является их представление в интервальной форме, когда диапазон возможных значений переменных или зависимостей описывается в виде $\underline{y}_i \leq y_i \leq \overline{y}_i$, \underline{y}_i и \overline{y}_i – нижняя и верхняя анализируемого показателя y_i соответственно.

Приведенное неравенство означает, что y_i может принимать любое значение в диапазоне (интервале) $[\underline{y}_i, \bar{y}_i]$ и ему нельзя принимать никакие вероятностные меры [6].

Учитывая основную теорему интервального анализа, что $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – рациональная функция вещественных аргументов x_1, x_2, \dots, x_n и для нее определен результат $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ подстановки вместо аргументов интервалов их измерений $[x_1], [x_2], \dots, [x_n] \in IR$ и выполнения всех действий над ними по правилам интервальной арифметики, а именно:

- сложение

$$[x] + [y] = [\underline{x} + \underline{y}, \bar{x} + \bar{y}], \quad (3)$$

- вычитание

$$[x] - [y] = [\underline{x} - \bar{y}, \bar{x} - \underline{y}], \quad (4)$$

- умножение

$$[x] \cdot [y] = [\min\{\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\bar{y}, \bar{x}\underline{y}, \bar{x}\bar{y}\}, \max\{\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\bar{y}, \bar{x}\underline{y}, \bar{x}\bar{y}\}], \quad (5)$$

- умножение на константу

$$c \cdot [x] = \begin{cases} [c\underline{x}, c\bar{x}] & \text{если } c \geq 0, \\ [c\bar{x}, c\underline{x}] & \text{если } c < 0, \end{cases} \quad c \in R. \quad (6)$$

- деление

$$[x] / [y] = [x] \cdot [1/\bar{y}, 1/\underline{y}], \quad 0 \notin [y]. \quad (7)$$

Тогда

$$\{f(x_1, x_2, \dots, x_n) \mid x_1 \in [x_1], \dots, x_n \in [x_n]\} \subseteq [f]([x_1], [x_2], \dots, [x_n]), \quad (8)$$

т.е. $[f]([x_1], [x_2], \dots, [x_n])$ содержит множество значений функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на $([x_1], [x_2], \dots, [x_n])$ [7], следовательно модель (2) в интервальной форме будет иметь следующий вид:

$$IES_{int} = \sum_{p=1}^h (w_p^c \cdot [F_p^c, \bar{F}_p^c]) + (w_p^e \cdot [F_p^e, \bar{F}_p^e]) - \sum_{u=1}^m (w_u^c \cdot [F_u^c, \bar{F}_u^c]) + (w_u^e \cdot [F_u^e, \bar{F}_u^e]) \quad (9)$$

где $[F_p^c, \bar{F}_p^c]$, $[F_p^e, \bar{F}_p^e]$, $[F_u^c, \bar{F}_u^c]$, $[F_u^e, \bar{F}_u^e]$ – интервальное представление функциональных критериев модели оценивания экономической безопасности предприятия.

Учитывая то, что предложенная модель (9) имеет интервальные составляющие, следовательно, она «унаследовала» свойства интервальной арифметики:

1. Ассоциативность и коммутативность.
2. Если один из операндов является невырожденным интервалом, то и результат арифметической операции также невырожденный интервал.
3. Субдистрибутивность.
4. Монотонность по включению.

Но, несмотря на свойства, которые отчасти усложняют использование модели (9), классическая интервальная математика обладает и преимуществами: она проста

в описании множеств, т.е. невысока их конструктивная сложность, которая важна в случае, если мы собираемся реализовать наши вычисления на компьютере [8].

Необходимость постоянно придерживаться высокого уровня экономической безопасности обусловлена объективным наличием для каждого субъекта хозяйствования задания обеспечения стабильности функционирования для достижения главных целей своей деятельности. Экономическая безопасность предприятия всегда связана со способностью руководства умело рисковать во время принятия стратегически или тактически важных решений. Как свидетельствует практика, вероятность работы без риска очень мала. Кроме того, необходимо помнить и о возможных последствиях реализации решений в будущем для предприятия.

Часто исследователи сталкиваются с проблемой интерпретации неопределенных интервальных результатов полученных на основе моделирования.

Согласно второму свойству интервальной математики, если хотя бы одно значение соотношения (9) является невырожденным интервалом, то и его ширина больше нуля, тогда результат оценки экономической безопасности предприятия является тоже невырожденным интервалом. Следовательно, существует необходимость интерпретации интервальных данных.

Следует также заметить, что гипотеза о нормальном распределении внутри интервала на практике выполняется далеко не всегда, ее проверка не проводится вообще. Неопределенность данных может иметь не статистическую природу и включать систематическую составляющую, ошибки округления, группировки данных, методические погрешности.

Рассмотрим три крайних случая интерпретации результатов полученных на основе модели (9):

1. Если ширина интервала $wid[IES_{int}] > 0$ и границы этого интервала оценки экономической безопасности лежат ниже нуля, $\underline{IES}_{int} < \overline{IES}_{int} < 0$, следовательно, учитывая равновероятный характер распределения величины, вероятность осуществления негативных последствий для экономической безопасности предприятия равна 1.

2. Если ширина интервала $wid[IES_{int}] > 0$ и в границах интервала находится 0, т.е. $\underline{IES}_{int} < 0 < \overline{IES}_{int}$. Следовательно, учитывая равновероятный характер распределения величины, вероятность осуществления негативных событий находится из соотношения деления модуля нижней границы интервала на значение всей ширины интервала:

$$\Theta_N = \frac{|\underline{IES}_{int}|}{win[IES_{int}]}, \quad (10)$$

а вероятность осуществления положительных событий соответственно равна:

$$\Theta_P = 1 - \Theta_N. \quad (11)$$

3. Если ширина интервала $wid[IES_{int}] > 0$ и границы интервала оценки экономической безопасности лежат выше нуля, $0 < \underline{IES}_{int} < \overline{IES}_{int}$, следовательно, учитывая равновероятный характер распределения величины, вероятность осуществления негативных последствий для экономической безопасности предприятия равна 0.

На рис. 1 приведены перечисленные крайние случаи.

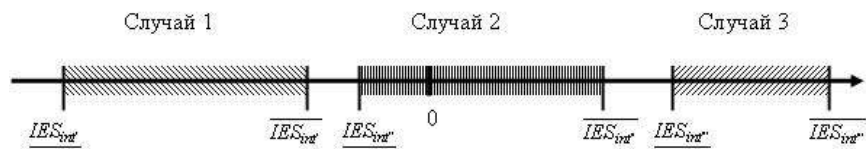


Рис. 1 – Интерпретация интервальных значений показателя экономической безопасности предприятия

Практическое применение рекомендаций дает

возможность учета рисков в деятельности предприятий и наиболее эффективного управления ими в сфере обеспечения экономической безопасности, что повысит прогнозируемость, стабильность и доходность предприятия в рыночных условиях хозяйствования.

В качестве инструментального средства визуализации составляющих оценки экономических безопасности предприятия в интервальном виде предложено использовать радиальные метрические диаграммы.

Основная идея предлагаемого подхода заключается в дополнении рассмотренной интегральной модели оценки уровня экономической безопасности удобным средством отображения полученных результатов оценки. Это позволит не только повысить анализируемость модели, но и сформулировать ряд новых операций на множестве метрик и характеристик. Одной из основных операций является получение интегральной оценки экономической безопасности предприятия и подхарактеристик модели в целом.

Для лучшей визуализации данных об составляющих экономической безопасности предложено дополнить существующий подход. Предлагается в стандартной радиальной метрической диаграмме добавлять в вершинах метрических шкал круги с масштабированным диаметром равным весомости составляющей экономической безопасности.

Применение данного подхода позволяет визуализировать не только нормированные значения экономической безопасности исследуемого субъекта хозяйствования, но и видеть масштаб влияния каждого показателя на результирующий интегральный показатель. Пример радиальной метрической диаграммы приведен на рис. 2.

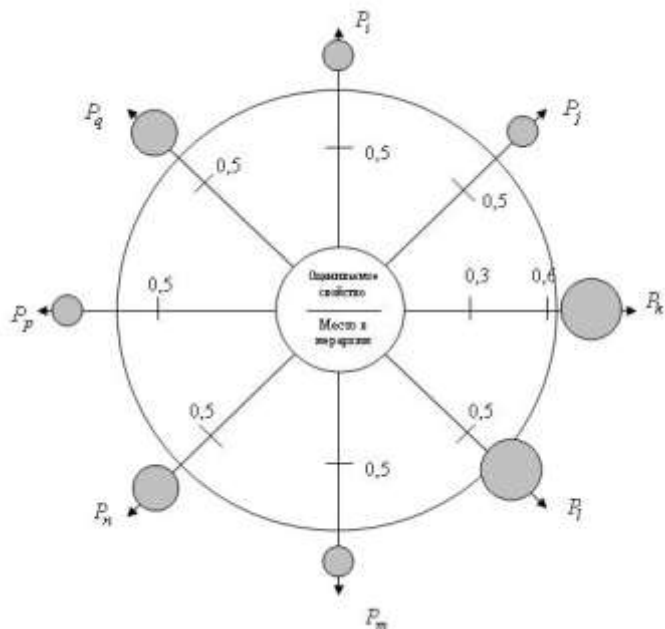


Рис. 2 - Модифицированная радиальная метрическая диаграмма

В круг каждой метрической составляющей можно вписывать весомость каждого фактора, то есть «силу влияния» каждой составляющей на общий результат.

В том случае, если в исследовании используются интервальные значения показателей метрик, на радиальной метрической диаграмме отображаются верхний и нижний интервал интервального числа, что может иметь вид, приведенный на рис. 3.

Также на радиальные метрические диаграммы могут накладываться

прогнозные значения каждой из метрик.

Для определения рисков наступления неблагоприятного события для экономической безопасности предприятия предлагается рассчитывать показатель соотношения площадей фигур создаваемых радиальными метрическими диаграммами фактического значения и оптимально возможного, когда все нормированные показатели стремятся к наилучшим своим значениям.

Площадь фигур создаваемых радиальными метрическими диаграммами отражает потенциал экономической безопасности предприятия.

Для расчета фактического значения показателя потенциала рекомендован метод, суть которого заключается в необходимости триангуляции (разбиения на треугольники) полученного многоугольника, вычислении площади каждого треугольника и затем их суммировании. Расчет потенциала экономической безопасности по каждой фигуре производится по формуле:

$$S_{RMD} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_m \cdot a_{m+1} \cdot \sin\left(\frac{360}{n}\right)}{2} \right), \quad (12)$$

где a_m, a_{m+1} - значение векторов диаграммы; n - количество показателей используемых в радиальной метрической диаграмме.

Уровень риска наступления негативных событий будет рассчитываться как соотношение площадей фактического значения (S_F) и наилучшего достижимого (оптимального) (S_O):

$$R = \frac{S_F}{S_O}. \quad (13)$$

Выводы. В дальнейших исследованиях перспективным, по мнению авторов, считается разработка алгоритма анализа сопутствующих рисков экономической безопасности, а также набора защитных стратегий от глобальных и индивидуальных рисков.

Список литературы: 1. Сорокіна, І. В. Теоретико-методологічні аспекти формування системи економічної безпеки підприємства [Текст] / І. В. Сорокіна // Актуальні проблеми економіки. Економіка та управління підприємствами: зб. наук. пр. – Вип. 12 (102). – К., 2009. – С. 114 – 122. 2. Кучеренко, О.О. Інтегрований методичний підхід визначення рівня економічної безпеки підприємств транспортного машинобудування України на основі оцінки їх фінансової складової

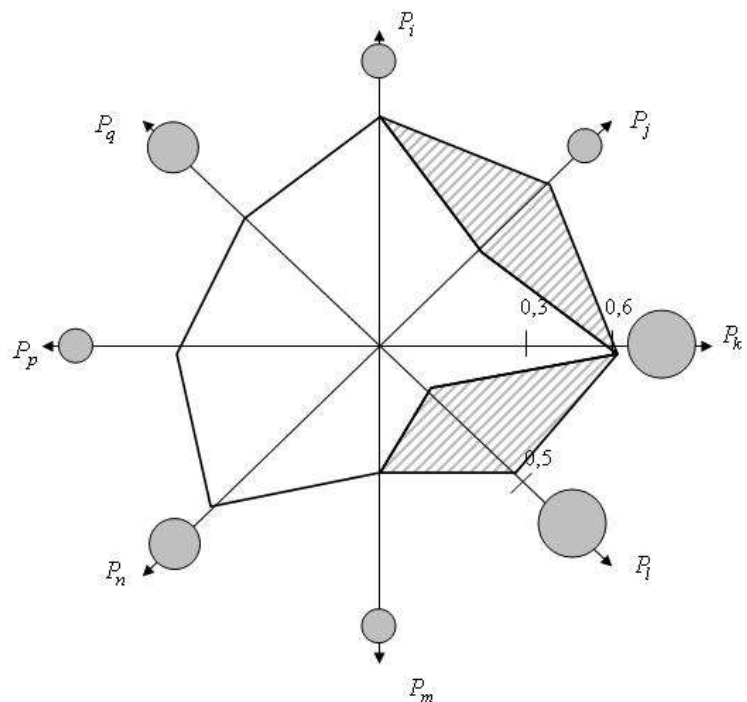


Рис. 3 – Модифицированная радиальная метрическая диаграмма для случая использования интервального числа или сопоставления двух метрических диаграмм

[Текст] / *О. О. Кучеренко* // Вісник економіки транспорту і промисловості. Економіка підприємства: зб. наук. пр. – Вип. 28. – Х.: УкрДАЗТ, 2009. – С. 161 – 168. **3. Варталян, В. М.** Модель і метод діагностування рівня економічної безпеки машинобудівного підприємства в умовах параметричної невизначеності / *В. М. Варталян, О. М. Скачков, Д. С. Ревенко* // Вісник Національного університету Львівська політехніка. Автоматика, вимірювання та керування. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012 - №741.- с.262-265. **4. Соловьева, Н.** Прогнозирование и планирование: идеологический конфликт конвергенции «плана» и «рынка» в координатах постиндустриальных экономики [Текст] / *Н. Соловьева* // Экономика Украины: сб. науч. тр. – Вып. 3. – К., 2009. – С. 15 – 26. **5. Турко, Д. А.** Учет условий неопределенности и риска в процессе принятия решения в сфере наукоемкого высокотехнологического производства [Текст] / *Д. А. Турко* // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 43. – Х., 2009. – С. 180 – 187. **6. Варталян, В. М.** Построение и анализ интервальных нестатистических моделей [Текст] / *В. М. Варталян, Л. Г. Шах, Ю. А. Романенков* // Технологические системы: сб. науч. тр. – Вып. 3. – К., 2003. – С. 19 – 24. **7. Раскин, Л. Г.** Нечеткая математика. Основы теории. Приложения [Текст] / *Л. Г. Раскин, О. В. Серая*. – Х.: Парус, 2008. – 352 с. **8. Добронейц, Б. С.** Интервальная математика. Экономико-математическое обеспечение управленческих решений в менеджменте [Текст]: учебн. пособие / *Б. С. Добронейц*. – Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2004. – 216 с.

Поступила в редколлегию 25.09.2013

УДК 519.866

Моделирование экономической безопасности предприятия в условиях неопределенности исходных данных / Варталян В. М., Скачков О. М., Ревенко Д. С. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.147-154. –
Бібліогр.: 8 назв.

Розглянуто питання моделювання економічної безпеки підприємства в умовах невизначеності вихідних даних. Авторами удосконалено модель оцінювання рівня економічної безпеки для випадку параметричної невизначеності вихідних даних, яка ґрунтується на інтегральній моделі оцінювання економічної безпеки підприємства та операціях над інтервальними числами, що дозволяє на відміну від існуючих моделей враховувати невизначеність у вихідних даних і адекватно інтерпретувати отримані результати. .

Ключові слова: моделювання, критерій, невизначеність, візуалізація, ризик.

The problems of modeling of economic safety in an uncertain input data. The authors improved estimation model of economic safety for the case of parametric uncertainty of initial data, which is based on an integrated assessment model of economic safety and operations over the interval numbers, allowing in contrast to the existing models to take into account the uncertainty in the input data and adequately interpret the results. .

Keywords: modeling, test, uncertainty, visualization, risk.

УДК 656.13

О. О. СВИДЕРСЬКИЙ, зав. сектором, Харківський науково-дослідний інститут судових експертиз

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СОНЯЧНОЇ ТА МІСЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ НА ІМОВІРНІСТЬ ВИНИКНЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Наведені результати досліджень щодо оцінки впливу сонячної та місячної активності на безпеку дорожнього руху. Проведена математична формалізація зміни імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод в залежності від сонячної активності.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, сонячна активність, місячна активність.

Вступ та постановка проблеми. Безпеку руху на автомобільних дорогах неможливо забезпечити тільки чисто будівельними заходами. Необхідні заходи щодо організації дорожнього руху, що враховують немінучі коливання інтенсивності руху, зміни погоди й особливості сприйняття водіями руху по дорозі. На водія, як і на іншу любу людину, впливає зовнішнє середовище. Психофізіологічний стан водія може суттєво залежати від зовнішніх факторів. Це визначає необхідність аналізу впливу зовнішнього середовища на безпеку руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зовнішні фактори збільшують ризик дорожньо-транспортних пригод, підсилюючи навантаження на психіку людини, вимагаючи мобілізації ресурсів організму для адаптації до незвичних умов і прийняття рішень у нестандартних ситуаціях [1].

Дослідження в різних країнах, які засновані на обробці великого статистичного матеріалу, показали, що число випадків травматизму на транспорті збільшується під час сонячних і магнітних бур, які визивають зміни діяльності центральної нервової системи. При цьому збільшується час реакції на зовнішній світловий і звуковий сигнали, з'являється загальмованість, погіршується кмітливність, збільшується імовірність прийняття невірних рішень [2, 3]. Вплив сонячної активності на імовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод науковці почали досліджувати досить давно. Реакція людини на ступінь сонячної активності обумовлена структурно-функціональними змінами життєдіяльності організму пристосувального характеру, що виникають при впливі випромінювання сонця. Вплив погоди на людину обумовлюють зміни в діяльності центральної нервової системи. Метеорологічні фактори дратують терморецептори і барорецептори, електромагнітні імпульси - шкірні рецептори; фізико-хімічні елементи зовнішнього середовища - рецептори легень [4, 5, 6]. Місячні фази - один з багатьох факторів, вплив якого на земне життя, визнано офіційною наукою. Так, наприклад, при повному місяці, збільшується число злочинів, набагато частіше додому викликаються машини швидкої допомоги, у багатьох людей підвищується кров'яний тиск і т.п. [7]. Однак математичного опису залежності зміни імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод від сонячної та місячної активності у працях дослідників наведено не було.

Мета статті. Метою роботи є визначення закономірностей впливу сонячної та місячної активності на зміну імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод на вулично-дорожній мережі міста.

Основний розділ. Дослідження щодо визначення впливу сонячної активності на зміну імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод базувалися на інформації, яка була надана Харківською астрономічною обсерваторією та Управлінням Державтоінспекції у Харківській області. Для проведення досліджень був обраний показник «Частота випромінювання Сонця на хвилі 280 мГц». Цей показник сонячної активності можна вимірювати у відносних одиницях.

Аналіз впливу сонячної активності на значення імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод проводився на основі математичного опису графіку залежності між досліджуваними параметрами. В якості розв'язання задачі математичного опису зміни імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод були вибрані методи кореляційного і регресійного аналізу [8]. При розрахунках під імовірністю вважалось відношення кількості дорожньо-транспортних пригод за кожен день розрахунку до загальної кількості дорожньо-транспортних пригод за

весь розрахунковий період.

Графічне зображення точок зміни імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод в залежності від сонячної активності приведено на рис. 1.

Дана залежність може бути описана наступною моделлю:

$$Ver_Sol = 0,0000131806 Sol_izl, \quad (1)$$

де Sol_izl - значення сонячної активності, від. од.;

Ver_Sol - імовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Розрахункове значення критерію Стьюдента дорівнює 45,93. Табличне значення критерію Стьюдента для даної моделі складає 1,98. Це свідчить про значимість фактора сонячної активності. Модель має високу інформаційну здатність, оскільки розрахункове значення критерію Фішера дорівнює 2109,96, а його табличне значення дорівнює 1,25. Коефіцієнт кореляції моделі дорівнює 0,94. Отже, має місце

високий ступінь тісноти зв'язку між залежною і незалежною змінною. Значення коефіцієнта детермінації рівне 0,88. Це показує, що на значення Ver_Sol даний показник здійснює більший вплив, ніж фактори, що не були раховані в моделі. Помилка апроксимації склала 20,07%. Статистичні показники моделі свідчать про те, що вона може бути використана в практичних розрахунках при вирішенні питання по оцінці безпеки руху.

Дослідження щодо визначення впливу місячної активності на імовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод базувалися на місячному календарі, який вказує дату і час основних фаз місяця, а також те, у якому знаку Зодіаку відбувається та або інша місячна подія. Цей календар дозволяє протягом всього року завжди мати інформацію про те, який зараз Місяць убуває або росте, яка фаза і коли вона наступила. Це забезпечує відсутність необхідності проведення візуальних спостережень.

Використовуючи місячний календар та статистику дорожньо-транспортних пригод були побудовані гістограми, які показують зміну кількості дорожньо-транспортних

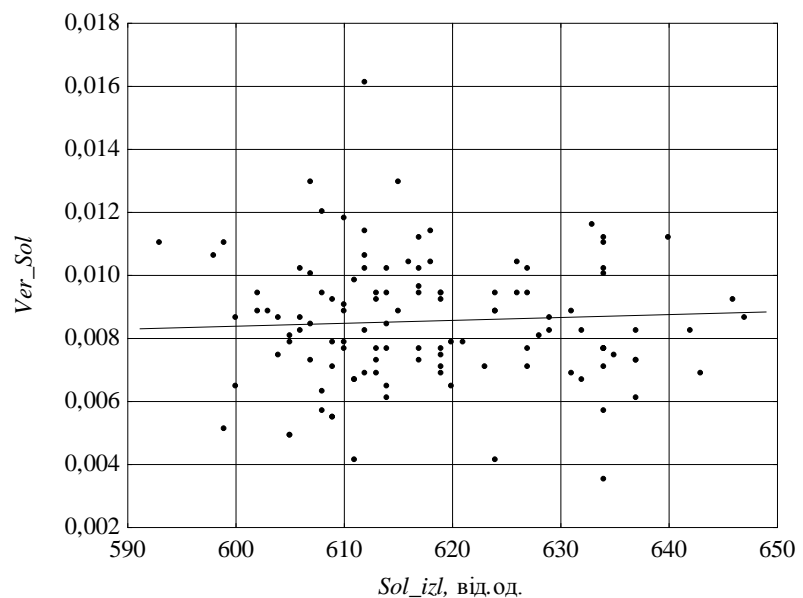


Рис. 1 – Графік зміни імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод в залежності від сонячної активності

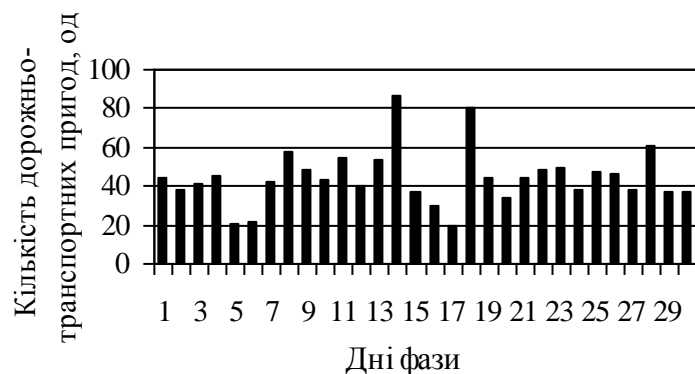


Рис. 2 – Гістограма розподілу кількості дорожньо-транспортних пригод протягом першої місячної фази

пригод, що трапились за кожен день місячної фази.

Гістограма розподілу кількості дорожньо-транспортних пригод, що трапились за кожен день першої місячної фази, представлена на рис. 2.

В жодній з фаз не було виявлено закономірностей впливу місячної активності на імовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод. На наступному етапі була побудована сумарна гістограма за одинадцять місячних фаз. Результати розрахунків наведено на рис. 3.

Аналіз отриманих результатів не дозволив виявити жодної закономірності виникнення дорожньо-транспортних пригод. На заключному етапі були створені сумарні гістограми за чотири чверті, одна з яких наведена на рис. 4. Після розбиття гістограми сумарної кількості

дорожньо-транспортних пригод за одинадцять місячних фаз на чотири чверті також не було виявлено жодної закономірності виникнення дорожньо-транспортних пригод навіть в активні дні місяця.

Висновки. Проведені дослідження показали, що сонячна активність має значний вплив на імовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод. Виявлено, що зміна імовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод з достатньою точністю описується регресійним рівнянням, в якому в якості змінної використовуються параметри сонячної активності. Дослідження не дозволили виявити закономірності впливу місячної активності на імовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Список літератури: 1. Левитин, К. М. Безопасность движения автомобилей в условиях ограниченной видимости [Текст] / К. М. Левитин. – 1986. – 166 с. 2. Проблемы планеты Земля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.znanie-sila.ru/online>. 3. Солнечная активность влияет на земной климат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tv.net.ua/news/technologies>. 4. Мизун, Ю. Г. Наше здоровье и магнитные бури [Текст] / Ю. Г. Мизун. – М., 1981. – 186 с. 5. Мизун, Ю. Г. Космос и здоровье [Текст] / Ю. Г. Мизун. – М., 1984. – 245 с. 6. Агаджанян, Н. А. Человек и биосфера [Текст] / Н. А. Агаджанян. – М., 1987. – 346 с. 7. Лунный календарь 2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vip-goroskop.ru>. 8. алушко, В. Г. Вероятностно - статистические методы на автотранспорте [Текст] / В. Г. Галушко. – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.

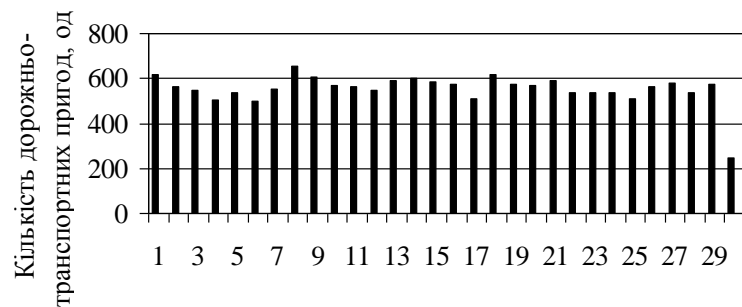


Рис. 3 – Гістограма розподілу кількості дорожньо-транспортних пригод протягом одинадцяти місячних фаз

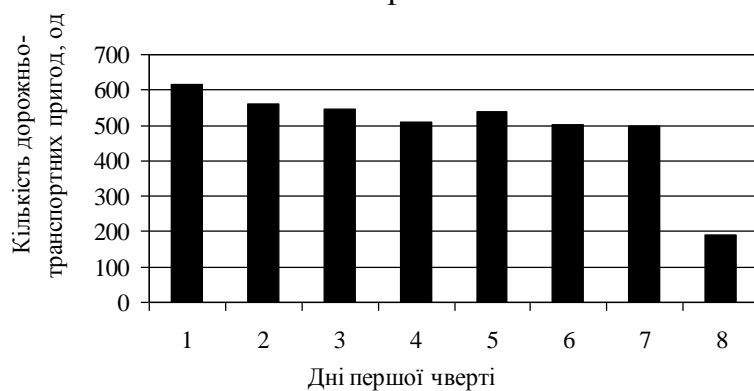


рис. 4 – Гістограма розподілу кількості дорожньо-транспортних пригод за першу чверть фази

Р

Надійшла до редколегії 20.09.2013

Дослідження впливу сонячної та місячної активності на імовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод /Свідерський О. О. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.154-158. – Бібліогр.: 8 назв.

Представлены результаты исследований по оценке влияния солнечной и лунной активности на безопасность дорожного движения. Проведена математическая формализация изменения вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий в зависимости от солнечной активности.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, солнечная активность, лунная активность.

Results are presented of researches as evaluated by influencing of sun and lunar activity on safety of road motion. The mathematical formalization is conducted of change of probability of origin of road traffic accidents depending on the sun activity.

Key words: road traffic accident, sun activity, lunar activity.

УДК 37.004.85

О. В. ИОВЕНКО, канд. техн. наук, вед. науч. сотр, Государственной научно-производственной корпорации « Киевский Институт автоматики »;

Т. М. КОТ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр, Государственной научно-производственной корпорации « Киевский Институт автоматики »;

В. М. ПЕРЛИЙ, директор, НПП «ПРОТЕК», Киев

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ АВТОЭКЗАМЕНАТОР (веб-версия)

Рассмотрена организация программного обеспечения обучающе-контролирующей системы АВТОЭКЗАМЕНАТОР . Представлена хронология развития программно-технических средств системы. Описана реализация веб-версии программного обеспечения системы, при разработке которого использованы современные подходы в области веб-программирования.

Ключевые слова: программное обеспечение; обучающе-контролирующая система; веб-программирование, охрана труда.

Введение. В настоящее время компьютерные системы для обучения и контроля знаний находят все более широкое применение , особенно в связи с развитием возможностей, предоставляемых глобальной сетью Интернет. В области безопасности и охраны труда такие системы применяются достаточно давно . Примером может служить функциональный прототип системы , которая рассматривается в данной статье.

О хронологии развития программно-технических средств системы. Цель работы. Программно-техническое средство, применяемое в области безопасности и охраны труда было внедрено и начало использоваться в конце восьмидесятых годов прошлого века в Учебно-тренировочных пунктах и центрах Чернобыльской АЭС, Трипольской ГРЭС, Экиба-стузских ГРЭС, ГРЭС Тюменской энергосистемы и т.д. [1,2]. Целью настоящей работы является описание организации программного обеспечения (ПО) системы обучения и контроля знаний нового поколения — веб-версии программного комплекса АВТОЭКЗАМЕНАТОР (далее АЭВ).

Основные программные компоненты , входящие в состав АЭВ, - это КУРС, ОРГАНИЗАТОР и РЕДАКТОР. Их основное назначение следующее. КУРС

предназначен для непосредственной реализации учебного процесса, т.е. изучения учебного материала в области безопасности и охраны труда (нормативных документов, инструкций) и проверки полученных знаний. ОРГАНИЗАТОР — это инструмент специалиста, который организует и контролирует учебный процесс. РЕДАКТОР используется для подготовки учебного материала и внесения в него изменений, т.е. для редактирования текстов нормативных документов и соответствующих контрольных вопросов.

Как видно из табл., развитие системы АВТОЭКЗАМЕНАТОР шло по мере совершенствования возможностей компьютерной техники и ПО. Краткие сведения об объекте дальнейшего рассмотрения приведены в строке 5 указанной таблицы.

Таблица – Хронология развития программно-технических средств системы АВТОЭКЗАМЕНАТОР

№ пп	Технические средства	Варианты использования	Операционная среда	Прикладное ПО	Временной интервал
1	СМ 1420 и система отображения информации СОДИ	Однопользовательский (локальное рабочее место)	ДОС	Фортран, ADABAS	1985-1990
2	PC XT	Однопользовательский	MS DOS	C, PARADOX	1990-1992
3	PC AT	Однопользовательский	Windows 3.1	То же	1992-1995
4	PC Pentium	Многопользовательский (локальная сеть)	Рабочие места и сервер — Windows линии NT и 9x	C++, ACCESS	1995-2010
5	PC.....	Однопользовательский, многопользовательский (локальная сеть), Web	Windows, Linux, Mac OS, web сервер	Java, JavaScript, HTML, CSS, фреймворки, библиотечки, браузер, реляционные СУБД	2011 -

При разработке ПО АЭВ были использованы программные технологии, учитывающие современные подходы и тенденции в веб-программировании, в частности:

- (1) разделение логики представления информации и бизнес-логики;
- (2) максимально возможный перенос обработки данных на сторону сервера;
- (3) минимизация обмена между клиентом и сервером (общение с сервером без полной перезагрузки страниц);
- (4) приближение функциональности веб-приложения к настольному приложению;
- (5) сужение понятийной базы при одновременном увеличении мощности соответствующей технологии;
- (6) кроссплатформенность.

Последний из указанных подходов реализован в АЭВ на основе использования языка Java. На рис.1 представлена упрощенная схема организации ПО АЭВ и обмена данными. Из неё видно, что функции обработки данных, а также действий пользователя выполняются

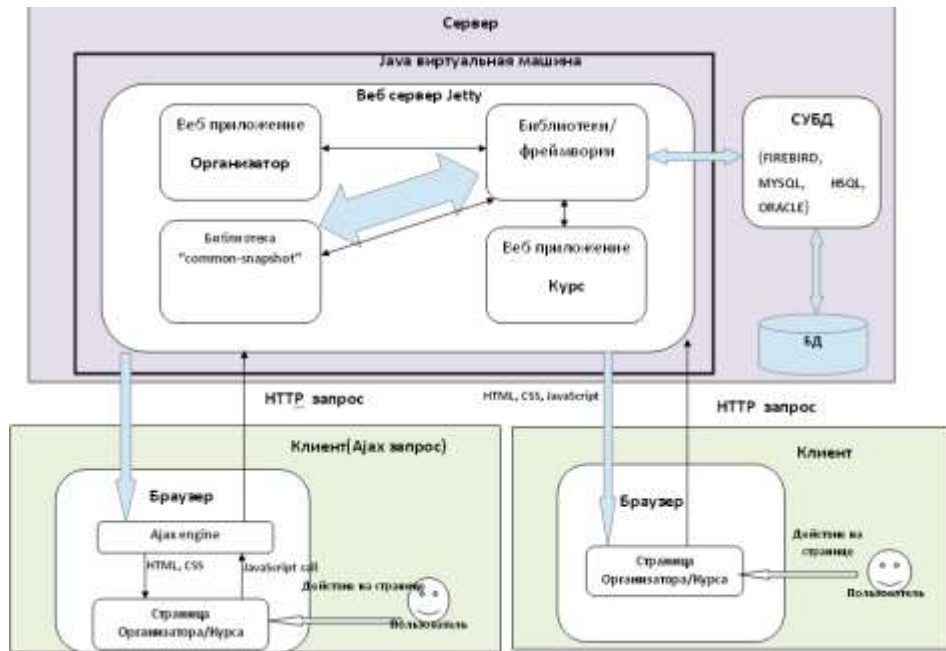


Рис .1 – Схема организации ПО АЭВ и обмена данными

с помощью Java – кода (внешний прямоугольник - виртуальная машина Java - в который помещены веб-сервер и ПО АЭВ) . Для организации обработки данных использованы различные библиотеки и фреймворки, что позволило :

- построить ПО АЭВ в соответствии с современными принципами разработки веб-приложений ;
- создать удобную и понятную для пользователя среду для решения его практических задач ;
- свести к минимуму возможные ошибки в ПО;
- придать веб-приложениям КУРС и ОРГАНИЗАТОР необходимую реактивность в условиях их эксплуатации одновременно большим количеством пользователей.

В частности, фреймворк Wicket и технология, положенная в его основу, позволяют удобно разделить Java-код и разметку страниц на основе языка HTML. При формировании страниц Wicket преобразует Java-код в элементы страниц на языке JavaScript, обеспечивая веб-приложению необходимую интерактивность (подход (4) из вышеуказанных). Wicket является достаточно простым с точки зрения необходимой понятийной базы и при этом обладает отличной функциональной мощностью (подход (5)).

При формировании страниц использованы также традиционные средства, определяющие внешний вид страниц — html -код и таблицы стилей CSS.

С целью минимизация обмена между клиентом и сервером (подход (3)) использованы возможности встроенной в браузер Ajax engine. На рис.1 показаны два варианта взаимодействия пользователя с системой, когда он выполняет определенные действия на странице (нажатие кнопок, ввод текста и т.д.). В зависимости от объема вносимых изменений на странице происходит полная замена страницы (правый нижний прямоугольник) или частичная замена (левый нижний прямоугольник). ПО АЭВ адаптировано под возможности применения различных систем управления базами данных (СУБД). На рис.1 указаны СУБД Firebird, MYSQL, HSQL, ORACLE и Microsoft SQL Server, на применение которых ПО АЭВ

достаточно легко настраивается.

Библиотека “common-snapshot” содержит классы объектов, включающих методы управления работой с таблицами баз данных, базой нормативных документов и тестовых вопросов, а также с ключом защиты от несанкционированного доступа.

На рис.2 представлена обобщенная схема обработки информации в АЭВ. Содержание шагов (a), (b), (d), (e) и (f) не требует особых пояснений, поскольку это достаточно простые и понятные действия системы и пользователя. На шаге (c) происходит генерация результирующей страницы для дальнейшего представления пользователю.

Этот шаг может включать различные функции по обработке информации в зависимости от того, что делал пользователь и что необходимо ему представить в качестве реакции системы на его действия. В частности, упомянутый ранее фреймворк Wicket, обрабатывая два типа заготовленных заранее файлов с одинаковыми именами, но разными расширениями (html и java), генерирует динамические JavaScript секции страницы. На шаге (c) также может иметь место обращение к учебным текстам или тестовым вопросам, хранящимся в виде xml-файлов, и их преобразование в html-формат для последующего формирования страницы. Если необходимы данные, хранящиеся в таблицах базы данных, имеет место обращение к функциям соответствующей СУБД. При этом на основе технологии Hibernate выполняется проекция классов Java на таблицы баз данных, т. е. выполняется необходимое преобразование типов данных Java в типы данных SQL. Наконец, внешний вид соответствующей страницы и её динамические свойства задаются в результате «привязки» CSS- и JavaScript-файлов к странице.

Кроме указанных на шаге (c) действий может иметь место определенная внутренняя обработка информации веб-приложениями. Например, веб-приложение КУРС может формировать оценку знаний обучаемого на основе результатов выполнения тестового задания.

Организация ПО АЭВ позволяет использовать контролирующе-обучающую систему в различных конфигурациях. В зависимости от возможностей пользователей это может быть отдельное рабочее место, локальная сеть предприятия или организации, а также глобальная сеть Интернет. В первом случае компьютер пользователя выполняет также функции сервера, который содержит соответствующее программное обеспечение.

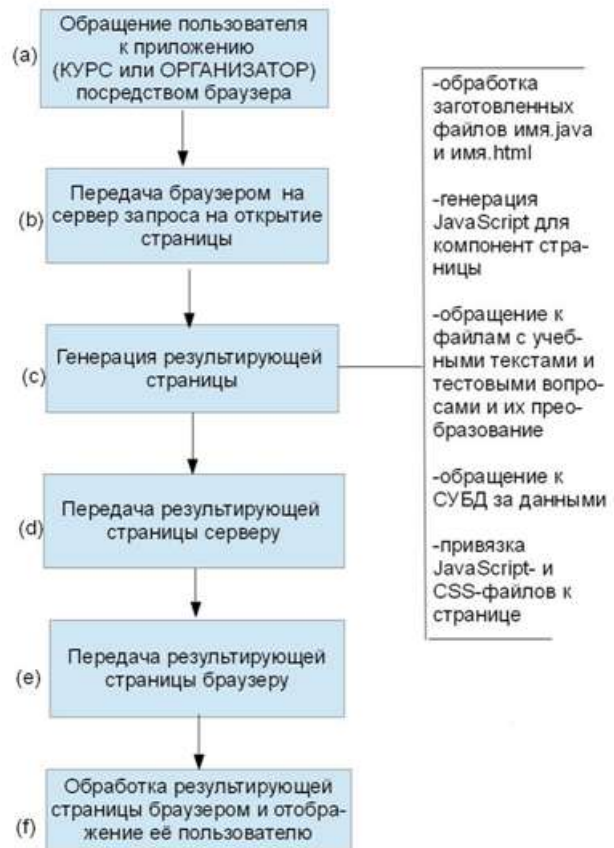


Рис .2 – Обобщенная схема обработки информации в АЭВ

ПО АЭВ снабжено руководствами обучаемого и организатора обучения, а также руководством по установке системы. Несмотря на то, что разработчики приложили немало усилий для того, чтобы сделать интерфейс АЭВ простым и дружелюбным для пользователя, он содержит также встроенную контекстную помощь.

В соответствии с разработанной методикой и программой испытаний ПО АЭВ прошло тестирование на многочисленных тестовых примерах, с использованием СУБД, которые перечислены выше, и таких браузеров как Internet Explorer, Firefox, Opera и Google Chrome, а также в условиях загрузки системы одновременно большим количеством пользователей.

Вывод. Дальнейшее развитие и совершенствование ПО АЭВ позволит не только проводить обучение и контроль знаний независимо от места нахождения обучаемых непосредственно с сервера организации-покупателя, как это реализовано в данной версии ПО, но также предоставлять услуги по обучению и контролю знаний с сервера организации-разработчика. Последнее связано с разработкой дополнительных сервисных и учетных функций, а также с организацией процесса подготовки индивидуальных программ обучения и контроля знаний для персонала заказчиков данных услуг.

Список литературы: 1. Василяка, М. Автоэкзаменатор на службе в АК “Київенерго” [Текст] / М. Василяка // “Охорона праці”, №1, 2001. 2. Мединцов, В. Автоэкзаменатор “Охорона праці” допомагає працівникам Чернобильської АЕС [Текст] / В. Мединцов // “Охорона праці”, №7, 2002.

Поступила в редколлегию 25.09.2013

УДК 37.004.85

Программное обеспечение системы обучения и контроля знаний автоэкзаменатор (веб-версия) / Иовенко О. В., Кот Т. М., Перлий В. М. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.158-162. – Бібліогр.: 2 назв.

Розглянута організація програмного забезпечення навчально-контролюючої системи АВТОЕКЗАМЕНАТОР. Надана хронологія розвитку програмно-технічних засобів системи. Описана реалізація веб-версії програмного забезпечення системи, при розробці якого використані сучасні підходи в галузі веб-програмування.

Ключові слова: програмне забезпечення; навчально-контролююча система; веб-програмування, охорона праці.

We consider the organization of software educational control system АВТОЭКЗАМЕНАТОР. The chronology of the development of software and hardware systems. Describes the implementation of a web version of a software system, developed using modern approaches in the field of web-programming.

Keywords: software; educational Supervisory system; web-programming, labour protection.

УДК 656.61.08

С. В. ШПИЛЬКО, соискатель, ОНМУ, Одесса

ВЛИЯНИЕ РИСКОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ НА ВЫБОР СХЕМ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

Идентифицированы основные факторы риска грузовладельцев в процессе транспортировки, сформировано экономико-математическая модель оптимизации схемы доставки грузов с учетом рисков.

Ключевые слова: схема доставки, риск, модель, оптимизация, время, качество

© С. В. ШПИЛЬКО, 2013

Введение. Риски – категория, которой уделяется серьезное внимание в современной научной литературе. Обуславливается это тем, что динамика и изменчивость конъюнктуры практически всех рынков влечет за собой неопределенность как условий функционирования современных предприятий, так и результатов их деятельности. Именно поэтому большинство публикаций по этой тематике связано с экономическими и инвестиционными рисками, то есть рисками недополучения прибыли или не окупаемости инвестиций.

Транспорт – отрасль, в которой имеет место все многообразие рисков, что обуславливается, с одной стороны - спецификой технологий транспортных процессов (энергоёмкость, сложность и многообразие оборудования, высокий уровень зависимости от погодных условий и человеческого фактора и т.д.); с другой стороны – значительной стоимостью транспортных средств (например, морских судов) и высоким уровнем изменчивости конъюнктуры рынка перевозок.

Отметим, что риски для транспортного бизнеса являются малоизученными. Существующие исследования, как правило, связаны с рисками аварий и технологическими решениями, направленными на максимизацию надежности транспортных средств и оборудования [1]; рыночные же риски практически не рассматриваются современными специалистами по транспорту.

Кроме того, в условиях риска находятся не только транспортные предприятия, а и грузовладельцы, риск которых не всегда сводится только к потере груза (что может быть застраховано), однако, следует отметить, что эта проблема остается до сих пор недостаточно исследованной.

Цель работы. Исходя из вышесказанного, целью статьи является установление основных факторов риска грузовладельцев и их влияния на выбор варианта доставки груза.

Методика экспериментов. Среди публикаций, посвященных рискам грузовладельцев, следует отметить [2], где учитывается вероятностный характер времени и стоимости доставки.

Представленные ниже результаты являются соответствующим развитием разработок в области организации систем доставки грузов [3-6]: в качестве основной идеи выступает учет более полной группы факторов риска и их возможных влияний на эффективность внешнеторговой поставки.

Результаты. Идентифицируя факторы риска для грузовладельца в процессе перевозки, принимаем за основу в качестве, собственно, риска – возможную потерю прибыли (убытки) от реализации доставляемого товара. Отметим, что значительная часть внешнеторговых поставок осуществляется с участием морского транспорта, поэтому дальнейшие исследования ориентированы, именно, на такой вариант транспортировки.

Итак, в классическом варианте прибыль импортера (экспортера) при реализации партии товара Q выражается следующим образом:

$$\Pi = (f - f_{зак}) \cdot Q - R_{тр} \cdot Q, \quad (1)$$

где $f, f_{зак}$, соответственно, цена продажи и цена закупки товара; $R_{тр}$ - транспортные расходы.

Основными факторами риска с точки зрения грузовладельца, по нашему мнению, являются время, а также сохранность товара по количеству и качеству.

Введем обозначения: ΔK - ухудшение потребительских свойств товара (потеря качества); ΔT - изменение времени доставки по сравнению с расчетным (среднестатистическим); ΔQ - уменьшение количества груза, в связи с несохранностью транспортировки.

Рассмотрим каждую составляющую более детально. Потери времени при осуществлении транспортировки, в силу различных обстоятельств (погода, отказ оборудования, поломка транспортного средства, неправильность в оформлении документов, задержание груза властными структурами и т.п.), могут привести к штрафным санкциям со стороны контрагентов; штрафным санкциям со стороны владельцев транспортных средств (например, при невыполнении сроков доставки груза в порт для морской перевозки грузовладелец оплачивает демередж судовладельцу, для автотранспорта – оплата простоя). Также потери времени в отдельных ситуациях приводят к упущению подъема спроса и, как следствие, к уменьшению объемов реализации товара или необходимости снижения его цены.

Отметим, что не только увеличение времени выполнения операций в процессе транспортировки, а и сокращение их сроков может привести к дополнительным расходам, например, на хранение груза. Но чаще всего на практике, конечно, имеет место увеличение сроков доставки.

Потери товара при транспортировке или ухудшение его потребительских свойств обуславливают либо штрафные санкции, либо необходимость снижения цены реализации.

Итак, основные причины потери прибыли грузовладельца, обусловленные транспортировкой, – отклонение от планируемого времени доставки, ухудшение качества и потери товара. Отметим, что уровень рассмотрения проблемы предполагает, что дополнительные расходы, связанные с изменением цен на рынке транспортных слуг отсутствуют.

Для уточнения выражения прибыли грузовладельца от реализации продукции с учетом риска введем в рассмотрение следующие функции:

$\Delta f(\Delta K, \Delta T)$ - уменьшение цены реализации товара, обусловленное ухудшением качества или потерей спроса из-за задержки доставки;
 $Q_{реал}(\Delta K, \Delta T) = Q \cdot I_{реал}(\Delta K, \Delta T)$ - объем реализации товара; $0 \leq I_{реал}(\Delta K, \Delta T) \leq 1$ - коэффициент, корректирующий объемы реализации товара при ухудшении его потребительских свойств и отклонения по времени предложения товара рынку;
 $\Delta R(\Delta T, \Delta K)$ - дополнительные затраты в процессе транспортировки;
 $R_{проч}(\Delta T, \Delta K, \Delta Q)$ - прочие затраты (например, штрафные санкции). Не ограничивая общности, будем считать, что потеря качества происходит для всей партии товара.

Представляется целесообразным для определения ΔQ использовать выражение:

$\Delta Q = I_{\Delta Q} \cdot Q$, где $I_{\Delta Q}$ - доля потерь. Отметим, что $I_{\Delta Q}$ соответствует всему пути доставки груза, поэтому вероятности каждого значения определяются, исходя из распределения возможных потерь ΔQ_i по каждой операции, для чего используются распределения долей возможных потерь для операций - $I_{\Delta Q}^i$. При имеющейся статистической информации и опыте специалистов возможно получение распределения $I_{\Delta Q}$ без детализации по операциям. Следующий фактор риска - ΔK - ухудшение качества (потеря потребительских свойств), пожалуй, хуже всего

поддается формализации. Для каждого вида груза может быть сформировано множество возможных вариантов с точки зрения качества (например, оценка от 0 до 1) и, по аналогии с предыдущими рассуждениями, оценены вероятности. В большинстве случаев такую оценку для каждой операции в процессе доставки могут составить экспедиторы или логисты, опираясь на прошлый опыт.

Итак, с учетом воздействия ситуаций риска, прибыль импортера (экспортера) при реализации товара составляет:

$$\Pi = [f - \Delta f(\Delta K, \Delta T)] \cdot Q(1 - I_{\Delta Q}) \cdot I_{реал}(\Delta K, \Delta T) - f_{зак} \cdot Q - [R_{мп} + \Delta R(\Delta T, \Delta K)] \cdot Q - R_{проч}(\Delta T, \Delta K, I_{\Delta Q}) \quad (2)$$

Итак, очевидно, что изменение прибыли экспортера (импортера) под влиянием ситуаций риска при транспортировке:

$$\Delta \Pi = \Delta f(\Delta K, \Delta T) \cdot Q(1 - I_{\Delta Q}) \cdot I_{реал}(\Delta K, \Delta T) + \Delta R(\Delta T, \Delta K) \cdot Q + R_{проч}(\Delta T, \Delta K, I_{\Delta Q}). \quad (3)$$

Критерием приемлемости с точки зрения риска варианта транспортировки является величина максимально допустимого уменьшения прибыли $\Delta \Pi^{макс}$ с заданной вероятностью: $P(\Delta \Pi \leq \Delta \Pi^{макс}) = \alpha$.

Отметим, что владея распределениями ΔK , ΔT , $I_{\Delta Q}$, для заданной вероятности не сложно получить оценки максимально возможных отклонений, то есть определить $\Delta T^{макс}$, $\Delta K^{макс}$, $I_{\Delta Q}^{макс}$, для которых $P(\Delta T \leq \Delta T^{макс}) = \alpha$.

Таким образом, подставляя найденные величины в (3), потери прибыли можно представить в виде функционала:

$$\Delta \Pi = F(Q, \Delta K, \Delta T, I_{\Delta Q}, \alpha). \quad (4)$$

На базе данных рассуждений сформируем экономико-математическую модель транспортной задачи в сетевой постановке, которая учитывает возможные потери грузовладельца вследствие ситуаций риска. Как известно, данная модель рассматривает транспортную сеть, состоящую из множества коммуникаций, связывающих пункты $i, j = \overline{0, n+1}$ [4].

Каждая коммуникация (участок перевозки) связана с возможными вариантами транспортировки (видами транспорта) $l \in L_{ij}$ и описывается набором параметров: $\{ R^{мп,l}_{ij}, \Delta t^l_{ij}, I^l_{\Delta Qij}, \Delta K_{ij} \}$ (для заданной вероятности α). Каждому альтернативному варианту схемы доставки отвечает набор параметров $\{ R^{мп}, \Delta \Pi \}$, $R^{мп}$ - суммарные транспортные затраты, $\Delta \Pi$ - потери прибыли, которые определяются итоговыми потерями времени, количества и качества.

Целевая функция модели отражает стремление минимизировать расходы на доставку партии Q с учетом возможных потерь прибыли, обусловленных рисками при транспортировке:

$$Z = Q \cdot \sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ij}} R^{мп,l}_{ij} \cdot x^l_{ij} + \Delta \Pi(Q, \sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ij}} \Delta t^l_{ij} \cdot x^l_{ij}; \sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ij}} I^l_{\Delta Qij} \cdot x^l_{ij}, \sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ij}} \Delta K^l_{ij} \cdot x^l_{ij}) \rightarrow \min_{x^l_{ij}} \quad (5)$$

Для пункта отправления выполнено количество исходящих коммуникаций должно быть больше входящих на 1:

$$\left(\sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{0j}} x^l_{0j} - \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{j0}} x^l_{j0}\right) = 1, \quad (6)$$

Для пункта назначения число входящих коммуникаций должно быть больше числа исходящих на число грузовых партий, поставляемых в пункт:

$$-\left(\sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{jn+1}} x^l_{jn+1} - \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{n+1j}} x^l_{n+1j}\right) = 1. \quad (7)$$

Для промежуточных пунктов число исходящих и входящих коммуникаций одинаково:

$$\sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ij}} x^l_{ij} - \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ji}} x^l_{ji} = 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Введем также ограничения по времени доставки и по возможным потерям прибыли:

$$\sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ij}} \Delta t^l_{ij} \cdot x^l_{ij} \leq \Delta T^{\text{макс}}. \quad (9)$$

$$\Delta \Pi(Q, \sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ij}} \Delta t^l_{ij} \cdot x^l_{ij}; \sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ij}} I^l_{\Delta Q_{ij}} \cdot x^l_{ij}, \sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} \sum_{l \in L_{ij}} \Delta K^l_{ij} \cdot x^l_{ij}) \leq \Delta \Pi^{\text{макс}} \quad (10)$$

Условие возможных значений параметров управления:

$$x^l_{ij} = \{0, 1\} \quad (11)$$

С учетом нелинейности целевой функции, данная задача относится к классу нелинейных задач математического программирования. Ее численная реализация может быть осуществлена посредством опции «Поиск решения» Excel.

Выводы. Представленная модель позволяет формировать оптимальную схему доставки по критерию минимум расходов и возможных потерь, обусловленных транспортировкой, что более адекватно отражает современные требования к организации транспортировки внешнеторговых грузов.

Список литературы: 1. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска [Текст] / Г.В.Егоров. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с. 2. Постан М.Я. Экономико-математические модели смешанных перевозок [Текст] / М.Я.Постан. – Одесса: Астропринт, 2006. - 376 с. 3. Смрковская В.Ю. Методические основы формирования систем доставки грузов с использованием средств укрупнения [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук 05.22.01 / В.Ю.Смрковская; [Одесский национальный морской университет]- Одесса, 2007. – 23 с. 4. Гольштейн Е.Г. Задачи линейного программирования транспортного типа [Текст] / Е.Г. Гольштейн, Д.Б.Юдин. – М.: Наука, 1969. – 382 с. 5. Смрковская В.Ю. Моделирование процесса формирования схем доставки грузов [Текст] / В.Ю. Смрковская // Вестник ОНМУ. - Одесса: ОНМУ, 2007. - №21. – с.155-171 6. Онищенко С.П. Моделирование процесса формирования интегрированных систем доставки грузов [Текст] / С.П.Онищенко, В.Ю. Смрковская // Вестник ОНМУ. – Одесса: ОНМУ, 2010. - № 30 – С.142-149

Поступила в редколлегию 10.09.2013

УДК 656.61.08

Влияние рисков транспортировки на выбор схем доставки грузов / Шпилько С.В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.162 - 167. – Бібліогр.: 5 назв.

Ідентифіковано основні фактори ризику вантажовласників у процесі транспортування, сформовано економіко-математичну модель оптимізації схеми доставки вантажів з урахуванням ризиків.

Ключові слова: схема доставки, ризик, модель, оптимізація, час, якість

Identified the main risk factors for cargo, formed the economic and mathematical model of optimization schemes of delivery of goods taking into account the risks.

Keywords: delivery scheme, the risk model, optimization, time, quality

УДК 004.7

К. В. ХАРЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., Інститут прикладного системного аналізу, НТУУ «КПІ», Київ

АРХІТЕКТУРА ВІДКРИТОЇ P2P ХМАРНОЇ СИСТЕМИ

Запропонована архітектура відкритої хмарної системи на основі P2P мережі. Реалізація такої архітектури дозволяє побудову приватної або публічної хмарної системи. Описана концепція побудови P2P мережі та взаємодію клієнт-хмара. Описаний загальний протокол обміну даними між клієнтами та хмарою.

Ключові слова: високопродуктивні обчислювальні системи, хмарні обчислення, P2P системи, спільні хмарні системи.

Вступ. Історія створення пірінгових систем, Peer-to-Peer, або P2P почалася зі створення децентралізованих мереж USENET (1979), FidoNet (1984), Napster (1999). Аналогічний принцип побудови однорангових розподілених мереж використовувався в 1984 році в розробці архітектури Advanced Peer to Peer Networking фірми IBM [1]. Переваги використання пірінгових систем полягають у розподілі та зменшенні вартості використання системи, одноранговому об'єднанню ресурсів, масштабованості та автономності системи. Пірінгові системи дуже широко використовувалися у галузі зберігання та обміну даними між користувачами (іноді користувачі порушували авторські права на розповсюдження мультимедійної інформації в таких мережах, наприклад KaZaA, EDonkey, Napster). Іншими прикладами пірінгових обчислювальних систем є проекти SETI at Home [11], Folding@Home, World Community Grid (IBM) та BOINC[14]. В телекомунікаційній галузі успішно зарекомендувала себе система Skype, яка також побудована на P2P технології.

Широке використання хмарних систем, Cloud Computing, почалася з реорганізації обчислювальних потужностей дата центру компанії Amazon, яка створила можливість використання віртуальних систем класу IAAS (Infrastructure as Service). Хоча сама ідея хмарних систем була запропонована Джоном МакКарти (John McCarthy) ще у 1960-х роках і розвинена у Дугласом Паркхілом (Douglas Parkhill) у [12]. Надалі отримали розвиток інші класи хмарних систем, такі як PAAS (Platform as a Service), SAAS (Software as a Service). Головні переваги використання хмарних систем полягають у мінімізації ресурсів на підтримку інфраструктури дата центрів та масштабуванні потужностей. Сучасний розвиток хмарних систем перейшов у площину створення публічних, приватних та гібридних хмарних систем.

Ідея об'єднання пірінгових систем та хмарних обчислень полягає у створенні хмарного сервісу, де обчислювальні потужності приватного або публічного сервісу

© К. В. ХАРЧЕНКО, 2013

РaaS будуть надавати самі користувачі за схемою спільного використання обчислювальних ресурсів. Користувачі такої системи Community Cloud [13] отримують можливість завантажити обчислювальну задачу у P2P хмару, а у вільний час надавати певний обсяг вільних обчислювальних ресурсів іншим користувачам.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження архітектури пірінгових мережевих систем для використання у побудові відкритої хмарної системи з можливістю рівноправної участі сторін. У роботі пропонується розглянути найбільш типову архітектуру побудови хмарної системи з використанням пірінгових мереж.

- **Архітектура P2P хмарної системи.** Архітектура P2P хмарної системи має такі складові:

- клієнт зі встановленою віртуальною машиною та доступом до мережі Інтернет;
- централізований сервер реєстрацій;
- система авторизації клієнта, яка також виконує підрахунок кількості використаних та наданих іншим користувачам ресурсів;
- система розподілу навантаження (балансер);
- певна кількість серверів з віртуальними машинами, які надають обчислювальні потужності клієнтам;
- транспортний рівень передачі даних за допомогою HTTPs запитів з форматами JSON, XML для передачі клієнтських вхідних та вихідних даних.

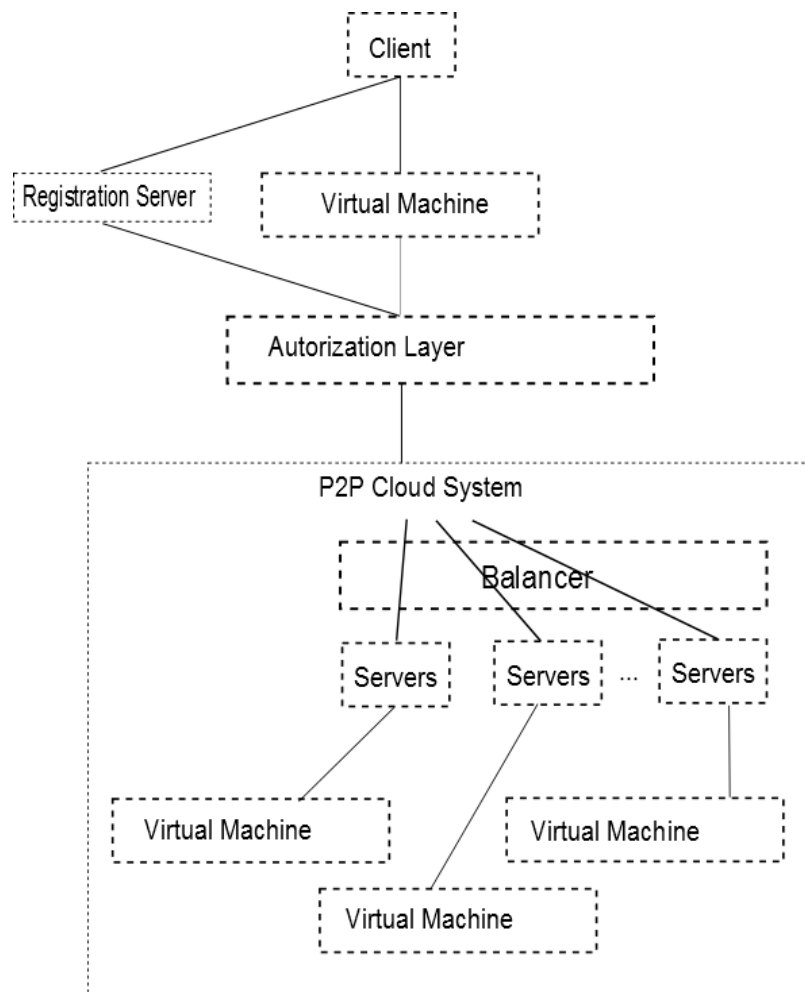


Рис. 1 – Архітектура відкритої хмарної системи

Концепція обчислень у відкритій P2P хмарній системі

Базові принципи побудови P2P хмарної системи полягають у наступному:

- користувач готує захищений байт-код для виконання у хмарі з можливістю map-reduce;
- користувач реєструється в хмарній системі за допомогою централізованого серверу реєстрації;
- система авторизації дозволяє клієнту задіяти певну кількість обчислювального ресурсу;
- система авторизації дозволяє серверу зареєструватися в хмарі і надати певну кількість обчислювальних ресурсів іншим клієнтам;
- користувачі P2P обчислювальної хмари надають вільні ресурси для виконання байт-коду інших користувачів у віртуальному середовищі;

- користувач розміщує програму і дані у захищеному вигляді в балансер для виконання у хмарі;
- балансер розміщує задачі користувача на вільних ресурсах P2P хмари;
- результати обчислень у захищеному вигляді передаються користувачеві;
- користувач має можливість розмістити стільки задач, скільки ресурсу він надав протягом виконання задач від інших користувачів за попередній час;
- клієнти можуть будувати власні сегменти хмари і розподіляти виконання задач тільки на певній множині серверів.

- **Протокол обміну даними.** Протокол обміну даними між клієнтом і хмарною системою має такі компоненти:

- дані для авторизації клієнта у хмарі;
- опис у форматі JSON або XML захищеного байт-коду для виконання у хмарній системі;
- опис вхідних даних у захищеному вигляді у форматі JSON або XML;
- опис вихідних даних у захищеному вигляді у форматі JSON або XML;

Лістинг 1 - Запит до P2P хмари на XML для завантаження байт коду.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<authorization login="user1" password="093lkdfg">
<bytecode>
DFS23AFFS2IOG...
</bytecode>
</xml>
```

Лістинг 2 - Приклад запити до P2P хмари на XML для завантаження вхідних даних.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<authorization login="user1" password="093lkdfg">
<inputuserdata>
<freeuserdatastructure>
...
</freeuserdatastructure>
```

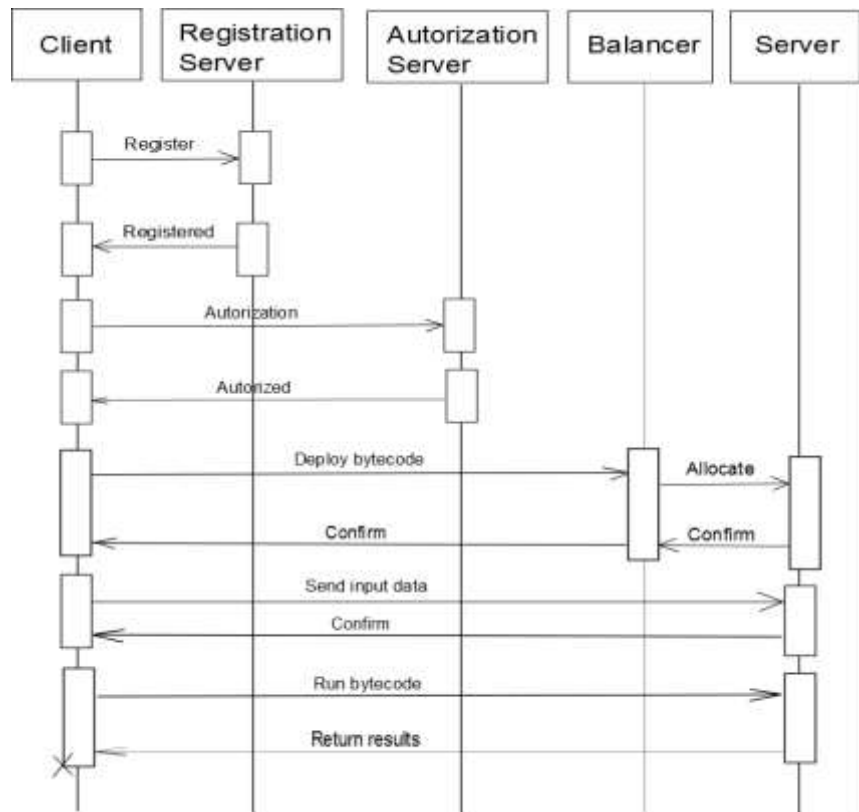


Рис. 2 – UML діаграма послідовності обміну даними у P2P хмарній системі

```
</inputuserdara>
</xml>
```

Лістинг 3 - Приклад запиту від P2P хмари до клієнта на XML для отримання вихідних даних.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<authorization login="user1" password="093lkdfg">
<serverside>
<resources computation_credits=10>
</serverside>
<outputuserdata>
<freeuserdatastructure>
...
</freeuserdatastructure>
</outputuserdara>
</xml>
```

Парадигма паралельних обчислень у P2P хмарі. Добре відома парадигма паралельних обчислень map-reduce може бути використана для організації обчислень у P2P хмарі. За такою парадигмою користувач розміщує певну кількість задач у хмарі і отримує результати розрахунків.

Такий цикл може бути повторений клієнтом багато разів в асинхронному режимі, тобто цикл розміщення задач (map) дозволяє одночасне розташування у хмарі різноманітних задач.

З точки зору паралельних алгоритмів, для такої архітектури хмари найкраще будуть виконуватися задачі великої гранулярності з мінімальною кількістю обмінів між паралельними задачами.

Приклад системи нарахування рейтингу у P2P хмарі. Проста концепція для нарахування рейтингу у P2P хмарі може бути використана для збалансованого розподілу ресурсів між учасниками. За кожну одиницю обчислювального ресурсу ($C_{\text{наданий}}$) в хмарі користувач може отримати $\frac{1}{2}$ одиниці ресурсу ($C_{\text{використаний}}$). Такий механізм дозволить мотивувати користувачів хмари надавати вільні ресурси іншим користувачам певний проміжок часу, щоб отримати у необхідний момент пікову обчислювальну потужність. За кожну одиницю обсягу переданих вхідних та вихідних даних ($R_{\text{наданий}}$) користувач зможе отримувати $\frac{1}{2}$ одиниці обсягу для власних даних ($R_{\text{використаний}}$).

$$C_{\text{використаний}} = \frac{1}{2} C_{\text{наданий}}$$

$$R_{\text{використаний}} = \frac{1}{2} R_{\text{наданий}}$$

Певна кількість балів рейтингу для учасника P2P хмари зараховується тільки у разі повного виконання байт коду задачі і надання вихідних результатів клієнту. Дані в хмарі зберігаються тимчасово згідно встановленого параметру і певний учасник хмари не гарантує збереження або успішне виконання байт коду користувача. У разі виявлення помилки виконання байт коду, балансер автоматично розміщує задачу на іншому вузлі P2P хмари.

Планування завантаження серверів в хмарі та балансер. Для рівномірного розподілу завантаження вузлів у P2P хмарі планувальник завантаження (балансер) розміщує задачі у наявних серверах, які авторизовані у системі. Кожен клієнт, що

авторизувався в хмарі автоматично стає вузлом P2P хмари та надає свої власні ресурси іншим клієнтам згідно встановлених квот по завантаженню процесорів, максимального часу виконання задачі та кількості переданих даних.

Користувачі, які мають меншу кількість балів рейтингу у системі, мають більшу ймовірність отримати задачу на розрахунок від балансера, таким чином найновіші учасники хмари зможуть надати власні ресурси в першу чергу і мати змогу розмістити свої задачі в найближчий час.

Віртуальна машина на серверах учасників P2P хмари не дозволяє обмінюватися даними безпосередньо від сервера до сервера, такий обмін можливий тільки через протокол обміну вхідними та вихідними даними через клієнтську частину.

Відкритий код P2P хмари та безпека використання системи. Пропонується реалізувати описану архітектуру P2P хмари у вигляді системи з відкритим кодом. Це дозволить учасникам чітко відстежувати потенційні проблеми реалізації та надавати суспільному проекту P2P хмари нові версії системи, згідно ліцензуванню за допомогою GNU Public License, Creative Common License, BSD License і т.д.

Байт код передається у віртуальну машину у зашифрованому вигляді і дешифрується частинами безпосередньо перед виконанням за допомогою циклічного коду від користувача. Безпека виконання байт коду програми реалізується за рахунок засобів віртуальної машини, яка не дозволяє отримати доступ до даних під час виконання програми, наприклад [5].

Висновки. P2P архітектура PaaS хмарної системи спільного використання може бути застосована у різноманітних реалізаціях відкритих, приватних або корпоративних обчислювальних платформах. В хмарній системі може бути використана віртуальна машина Java, .NET, Sandboxed Python або інші, в залежності від вимог користувачів, що створюють P2P хмарну систему. В конфігураціях для персонального використання P2P хмарні системи дозволяють об'єднувати потужності наявних обчислювальних пристроїв з персональними комп'ютерами, мобільними пристроями, файловими серверами.

На відміну від проектів розподілених обчислювальних систем, таких як SETI@HOME, користувачі можуть розміщувати власні обчислювальні задачі у хмарній P2P системі та надавати іншим користувачам ресурси своїх обчислювальних систем.

Список літератури: 1. Advanced Peer-to-Peer Networking (APPN) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/zos/basics/index.jsp?topic=/com.ibm.zos.znetwork/znetwork_181.htm. 2. A Practical Distributed Mutual Exclusion Protocol in Dynamic Peer-to-Peer Systems (2004) by *Shiding Lin, Shi-ding Lin, Ming Chen, Zheng Zhang, Qiao Lian*, In 3rd International Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS'04) 3. *Antony Rowstron, Peter Druschel*, Pastry: Scalable, decentralized object location, and routing for large-scale peer-to-peer systems, MIDDLEWARE, 2001, 329—350 pp. 4. Improving P2P in Cloud Computing based on Performance by *Sarada B. S.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.206.3360>. 5. System and method to protect java bytecode code against static and dynamic attacks within hostile execution environments, US PATENT WO 2011057393 A1. 6. JXTA 2: A high-performance, massively scalable P2P network [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ibm.com/developerworks/library/j-jxta2/>. 7. JMaay : p2p Java Library [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sourceforge.net/projects/jmaay/>. 8. XMPP Standards Foundation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://xmpp.org/about-xmpp/faq/>. 9. openkad, Java implementation of the Kademlia DHT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://code.google.com/p/openkad/>. 10. P2P-MPI home

page [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://grid.u-strasbg.fr/p2pmpi/>. 11. SETI home page [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://setiathome.berkeley.edu/>. 12. Douglas F. Parkhill. The Challenge of the Computer Utility. Addison-Wesley Publishing Company, 1966 – 207 pp. ISBN 0-201-05720-4 13. The NIST Definition of Cloud Computing, by Peter Mell and Timothy Grance, NIST Special Publication 800-145, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>. 14. BOINC home page [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://boinc.berkeley.edu>.

Надійшла до редколегії 15.09.2013

УДК 004.7

Архитектура открытой P2P облачной системы / Харченко К. В. . // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.167-172 . – Бібліогр.: 14 назв.

Предлагается архитектура открытой облачной системы на основе P2P сети. Реализация такой архитектуры позволяет построение приватной или публичной облачной системы. Описана концепция построения P2P сети и взаимодействие клиент-облако. Описан общий протокол обмена данными между клиентом и облаком.

Ключевые слова: высокопродуктивные вычислительные системы, облачные вычисления, P2P системы, общие облачные системы.

Architecture of an open cloud systems based on P2P networks is described. An implementation of this architecture allows constructing public or private cloud systems. The concept of building P2P network and client-cloud interaction is proposed. A basic protocol for data exchange between customers and cloud system is described.

Keywords: high-performance computing, cloud computing, P2P systems, community cloud.

УДК 004.94

О. Ю. МУЛЕСА, викладач, ДВНЗ «УжНУ», Ужгород

ТЕХНОЛОГІЯ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ ГРУП ВИСОКОГО РИЗИКУ ІНФІКУВАННЯ ВІРУСОМ ІМУНОДЕФІЦИТУ ЛЮДИНИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Розглядається задача оцінювання міри належності особи до групи високого ризику інфікування вірусом імунодефіциту людини. Розроблено технологію кількісного оцінювання представників таких груп з урахуванням висновків експертів та нечіткого характеру вхідних даних.

Ключові слова: інформаційна технологія; група високого ризику інфікування вірусом імунодефіциту людини; інформаційно-аналітична система.

Вступ. Моделі і методи кількісного оцінювання об'єктів є предметом багатьох досліджень, які ведуться у напрямках узагальнення властивостей об'єктів, побудови нових моделей, оцінювання характеристик об'єктів, що застосовується для розв'язання прикладних задач у різних науково-прикладних галузях. Зокрема, задачі такого типу виникають у сфері профілактики та боротьби з ВІЛ/СНІДом при проведенні заходів з охоплення медико-соціальними послугами представників груп високого ризику інфікування ВІЛ (ГВР) [1]. Проблемними задачами, які виникають в цьому контексті, є задачі оцінювання кількості осіб з певної території (населеного пункту чи регіону), що належать до ГВР та задачі визначення для заданої особи, яка характеризується набором індивідуальних ознак, міри її належності до ГВР [2-3]. При визначенні кількості осіб, що належать до ГВР, спеціалісти установ профілактики та боротьби з ВІЛ, як правило, керуються результатами соціологічних

© О. Ю. МУЛЕСА, 2013

досліджень, які проводяться на території всієї України [3]. В свою чергу, для визначення міри належності особи до ГВР таких інструментів немає, тому, ця задача залишається нерозв'язаною. Таким чином, актуальною є розробка інформаційних технологій для оцінювання міри належності особи до ГВР.

Постановка задачі. Розглянемо таку задачу ідентифікації. Нехай задано особу O , яка характеризується вектором значень ознак $X = (x_1, x_2, \dots, x_M)$, та множину $O' = \{O_1, O_2, \dots, O_N\}$ осіб, що належать кластеру, кожен елемент множини O' , в свою чергу, характеризується вектором значень ознак $X^j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{Mj})$, $j = \overline{1, N}$ з множини ознак $K = \{K_1, K_2, \dots, K_M\}$. На основі заданої інформації необхідно ідентифікувати залежність міри належності особи до кластера у від значень ознак $y = F(X_1, X_2, \dots, X_M)$, і для даної особи визначити її міру належності кластеру.

Звичайно, задачу ідентифікації розв'язують за допомогою методу найменших квадратів [4], методом групового врахування аргументів [5-6], з використанням нейромережових технологій [7-8] тощо. Проте, застосування перерахованих методів ідентифікації для розв'язання задачі оцінювання міри належності особи до ГВР супроводжується певними труднощами, що пов'язано з проблемою вибору метрики та переведеннями нечислових ознак особи у їх числовий еквівалент. А також, слід зазначити, що сформульована задача характеризується значною мірою невизначеності та суб'єктивності у вхідних даних. У роботі пропонується технологія оцінювання міри належності особи до ГВР, використання як дозволяє враховувати висновки експертів та оперувати з якісними значеннями ознак.

Метод ідентифікації для визначення міри належності особи до групи високого ризику інфікування вірусом імунодефіциту людини. На першому етапі підготовки інформації до обробки за допомогою особи, що приймає рішення (ОПР), оперуючи доступною статистичною, соціологічною інформацією та професійним досвідом, виконуємо розбиття множини ознак на підмножини за рівнем впливу на соціально-демографічний портрет осіб, що входять до ГВР. Для виконання такого розбиття ОПР пропонується здійснити нестроге ранжування ознак за властивістю впливу на можливість входження особи до ГВР. Нехай, в результаті такого ранжування кожній ознаці K_t , $t = \overline{1, M}$ з множини ознак $K = \{K_1, K_2, \dots, K_M\}$ за якими оцінюється особа, був поставлений у відповідність ранг r_t , $t = \overline{1, M}$. Тоді до першого рівня I_1 ієрархії ознак віднесемо ті ознаки, значення рангів яких є максимальним, тобто

$$I_1 = \left\{ K_t \mid r_t = \max_{t'=\overline{1, M}} (r_{t'}), t = \overline{1, M} \right\}.$$

До другого рівня I_2 ієрархії ознак віднесемо ті ознаки, значення рангів яких є максимальним серед тих, що залишились, тобто

$$I_2 = \left\{ K_t \mid r_t = \max_{\substack{t'=\overline{1, M} \\ K_{t'} \notin I_1}} (r_{t'}), t = \overline{1, M} \right\}.$$

Відповідно, до останнього рівня I_L ($L \leq M$) ієрархії віднесемо ознаки з найменшим значенням рангу, тобто

$$I_L = \left\{ K_t \mid r_t = \max_{\substack{t'=1, M \\ K_{t'} \notin I_l, \forall l \in \{1, 2, \dots, L-1\}}} (r_{t'}), t = \overline{1, M} \right\}, I_L \neq \emptyset.$$

Зафіксуємо $\Delta \in (0; 1)$ – порогове значення функції належності.

Враховуючи те, що в результаті роботи описаного нижче методу ідентифікації залежності міри належності особи заданій групі від її соціально-демографічного портрету, буде отримано числовий інтервал оцінок та кожному рівневі сформованої ієрархії критеріїв буде відповідати новий інтервал, необхідно задати правила узгодження таких інтервалів. Тому, кожним двом сусіднім рівням ієрархії поставимо у відповідність правило (функцію, згортку тощо) u_l ($l \in \{1, \dots, L-1\}$), за допомогою якого буде проводитися узгодження оцінки об'єкта між рівнями ієрархії.

Метод обчислення оцінки об'єкта можна представити як наступну послідовність кроків.

Крок 1. Формуємо нечітку базу знань для групи ознак верхнього рівня ієрархії ознак, яка складається з таких правил:

$$\begin{aligned} \Pi_1 &: \text{якщо } x_1 \in A_{11}^1, \text{ і } x_2 \in A_{12}^1, \dots, \text{ і } x_{T_1} \in A_{1T_1}^1, \text{ то } y \in C^1, \\ \Pi_2 &: \text{якщо } x_1 \in A_{11}^2, \text{ і } x_2 \in A_{12}^2, \dots, \text{ і } x_{T_1} \in A_{1T_1}^2, \text{ то } y \in C^2, \\ \Pi_{\tau_1} &: \text{якщо } x_1 \in A_{11}^{\tau_1}, \text{ і } x_2 \in A_{12}^{\tau_1}, \dots, \text{ і } x_{T_1} \in A_{1T_1}^{\tau_1}, \text{ то } y \in C^{\tau_1}, \end{aligned} \quad (1)$$

де τ_1 – кількість правил в нечіткій базі знань для ознак першого рівня ієрархії; T_1 – кількість ознак на рівні I_1 ; функції $C^s : [0,1] \rightarrow [0,1]$, $s = \overline{1, \tau_1}$.

Нечітка база знань, як правило, формується з урахуванням сумарного рангу кожного правила, в залежності від кількості експертів, які задали дане правило та компетентності цих експертів.

Крок 2. Для конкретного набору значень ознак знаходимо логічне виведення та композицію нечітких множин [9], користуючись формулами

$$\begin{aligned} \alpha_s &= A_{11}^s(x_{1j}) \wedge A_{12}^s(x_{2j}) \wedge \dots \wedge A_{1T_1}^s(x_{T_1j}), \quad s = \overline{1, \tau_1}, \\ C^s(y) &:= \alpha_s \wedge C^s(y), \quad s = \overline{1, \tau_1}, \\ \mu_C(y) &= C^1(y) \vee C^2(y) \vee \dots \vee C^{\tau_1}(y). \end{aligned}$$

Обчислюємо значення границь інтервалів оцінок за такими правилами:

$$\begin{aligned} a_1 &= \min_{y \in [0,1]} \{y \mid \mu_C(y) = \mu_C(0), \forall \varepsilon > 0 \quad \mu_C(y + \varepsilon) < \mu_C(0)\}, \\ b_1 &= \max_{y \in [0,1]} \{y \mid \mu_C(y) = \mu_C(1), \forall \varepsilon > 0 \quad \mu_C(y - \varepsilon) < \mu_C(1)\}, \end{aligned}$$

де ε – як завгодно мале дійсне число.

Графічно виділення границь інтервалу оцінок можна зобразити так, як показано на рис.1:

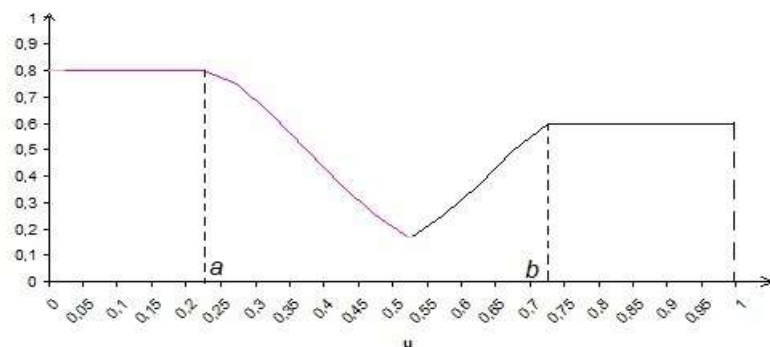


Рис. 1 - Приклад визначення границь інтервалу оцінок

У результаті таких дій отримуємо інтервал зміни нечіткої оцінки $(a_1, b_1) \subseteq [0, 1]$ для міри належності об'єкта ГВР та відповідну йому нечітку множину.

Крок 3. Проводимо дефазифікацію нечіткої множини, в результаті отримуємо оціночну міру належності особи до ГВР – μ . У випадку, якщо $\mu < \Delta$, то, або робимо висновок, що особа не належить до ГВР і робота алгоритму припиняється, або уточнюємо порогове значення $\Delta \in (0; 1)$ і продовжуємо роботу методу. Якщо ж $\mu \geq \Delta$, то здійснюємо перехід до кроку 4.

Крок 4. Аналогічно до Кроку 1 – Кроку 3, проводимо обчислення для ознак другого рівня ієрархії I_2 . В результаті, отримуємо інтервал зміни нечіткої оцінки $(a_2, b_2) \subseteq [0, 1]$.

Крок 5. Проводимо узгодження отриманих на попередніх двох етапах інтервалів за попередньо визначеним правилом узгодження u_1 . Інтервал, який буде результатом узгодження інтервалів нечітких оцінок, позначимо через $(a, b) \subseteq [0, 1]$.

Крок 7. Виконуємо дефазифікацію отриманої нечіткої множини, яка відповідає визначеному інтервалу (a, b) . У випадку, якщо при отриманні результуючої оцінки було враховано значення ознак всіх рівнів ієрархії або, якщо виконуються умови кроку 3, – то роботу методу закінчено. Інакше, здійснюється перехід до кроку 4.

Отже, в результаті деякому набору значень ознак, які характеризують задану особу, або буде покладено у відповідність оцінка – μ , яка відображає міру належності особи до заданої групи, або ОПР буде зроблено висновок, що особа не належить досліджуваній групі.

Даний метод розв'язання сформульованої задачі ідентифікації Z_2 дозволяє працювати не тільки з кількісними величинами, а й з якісними показниками, що розширює сфери його застосування.

Метод побудови нечіткої бази знань для задач кількісного оцінювання представників ГВР. Розглянемо задачу побудови нечіткої бази знань. Нехай дано множину ознак $I = \{K_1, K_2, \dots, K_T\}$, які формують соціально-демографічний портрет особи. Необхідно побудувати нечітку базу знань, яка складається з правил виду (31). Тоді метод побудови нечіткої бази знань можна представити як таку послідовність кроків.

Крок 1. Для кожної ознаки K_t , $t = \overline{1, T}$ з множини I , з допомогою ОПР будемо лінгвістичну змінну [10], тобто формуємо п'ятірки виду

$$\langle K_t, X(K_t), U_t, G_t, M_t \rangle,$$

де $X(K_t)$ – терм-множина ознаки K_t ; U_t – універсальна множина нечітких змінних з $X(K_t)$; G_t – синтаксичне правило для генерування нових термів; M_t – семантична процедура, яка дозволяє задавати функції належності для нечітких змінних.

Позначимо елементи терм-множини $X(K_t)$ як \tilde{x}_{it} з функціями належності $A_{it}(x_{it})$, де $i = \overline{1, \kappa_t}$, κ_t – потужність множини $X(K_t)$, $t = \overline{1, T}$.

Нечіткі множини, як правило, або задаються ОПР безпосередньо, або формуються за допомогою непрямих методів [11-12].

Крок 2. Задаємо лінгвістичну змінну "Міра належності до ГВР" таким чином:

K – належність особи до ГВР;

$X(K) = \{\tilde{x}^1, \tilde{x}^2\}$, де $\tilde{x}^1 = \{\text{Імовірність належності особи до ГВР висока}\}$,
 $\tilde{x}^2 = \{\text{Імовірність належності особи до ГВР низька}\}$;
 $U = [0,1]$;

M – процедура завдання нечітких підмножин $C_1 = \text{"Висока імовірність належності до ГВР"}$, $C_2 = \text{"Низька імовірність належності до ГВР"}$. ФН для таких нечітких множин доцільно побудувати за такими правилами

$$\mu_{C_1}(u) = \begin{cases} 0, & 0 \leq u \leq a, \\ 2\left(\frac{u-a}{0.6}\right)^2, & a < u \leq \frac{a+1}{2}, \\ 1 - 2\left(\frac{1-u}{1-a}\right)^2, & \frac{a+1}{2} < u \leq 1. \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{C_2}(u) = \mu_{C_1}(1-u). \quad (3)$$

Графіки функцій вказаного типу мають такий вид (рис. 2)

Вибір параметра a залежить від особливостей початкової задачі.

Крок 2. Підбираємо групу експертів $E = \{E_1, E_2, \dots, E_P\}$. Для проведення експертного опитування, формуємо анкету експерта з питань такого типу:

"Чи вірно, що якщо \tilde{x}_{i_1} і \tilde{x}_{i_2} і ... і \tilde{x}_{i_T} , то \tilde{x}^1 ?", $\forall i_t = \overline{1, \kappa_t}$, $t = \overline{1, T}$.

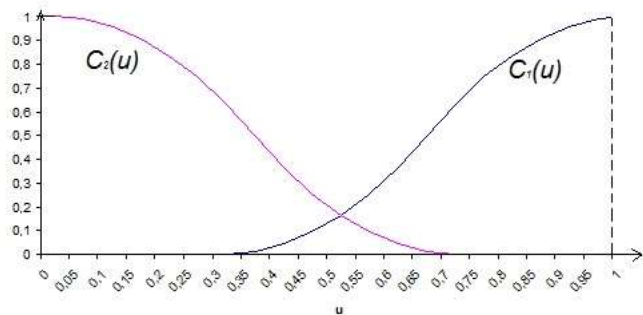


Рис. 2 – Графік функцій (2) – (3) при $a = 0,3$

Складена таким чином анкета буде містити $\tau = \kappa_1 \times \kappa_2 \times \dots \times \kappa_T$ питань.

Крок 3. Проводимо опитування експертів. Одночасно з цим визначаємо коефіцієнти компетентності експертів η_p , $p = \overline{1, P}$, використовуючи один з методів,

представлених в розділі 2. Обчислюємо $H = \left[\frac{\sum_{p=1}^P \eta_p}{2} \right]$.

Крок 4. Для кожного питання з анкети експертів визначаємо його ранг шляхом сумування коефіцієнтів компетентності тих експертів, які дали позитивну відповідь на це питання.

Формуємо нечітку базу знань за таким принципом: розглянемо питання "Чи вірно, що якщо \tilde{x}_{i_1} і \tilde{x}_{i_2} і ... і \tilde{x}_{i_T} , то \tilde{x}^1 ?", $i_t = \overline{1, \kappa_t}$, $t = \overline{1, T}$. Позначимо сумарний ранг питання, через r . Якщо $r > H$, то у базу знань заносимо таке правило:

Якщо $x_1 \in A_{i_1}$ і $x_2 \in A_{i_2}$ і ... і $x_T \in A_{i_T}$ то $y \in C_1$.

У випадку, якщо $r \leq H$, то у базу знань заносимо таке правило:

Якщо $x_1 \in A_{i_1}$ і $x_2 \in A_{i_2}$ і ... і $x_T \in A_{i_T}$ то $y \in C_2$.

Аналогічні дії робляємо для всіх запитань.

Евристики для узгодження нечітких інтервалів оцінок при розв'язуванні задачі оцінювання міри належності особи до групи високого ризику інфікування ВІЛ. Відповідно до описаного вище методу оцінювання міри належності особи до ГВР, важливу роль відіграють правила узгодження інтервалів оцінок, отриманих на різних рівнях ієрархії ознак. Такі правила мають забезпечувати реалізацію механізму врахування ОПР об'єктивних факторів впливу на формування ГВР. Серед таких факторів варто відзначити географічні особливості регіону, що досліджується, рівень життя населення та інші соціально-демографічні показники.

Тому, для забезпечення врахування всіх особливостей задачі, пропонується декілька підходів до узгодження інтервалів оцінок. Нехай для верхнього рівня ієрархії ознак з рангом η_1 було отримано інтервал оцінок (a_1, b_1) , для наступного рівня з рангом $\eta_2 - (a_2, b_2)$. Тоді межі узгодженого інтервалу (a, b) можна обчислити відповідно до однієї з таких евристик:

Евристика 1.

$$b := \max(b_1, b_2), \quad a := \max(a_1, a_2).$$

Евристика, визначена таким чином, нівелює ранги ознак, але при її врахуванні беруться до уваги лише максимальні значення границь інтервалів. Даний підхід доцільно використовувати на території, яка характеризується негативними факторами та (або) великим рівнем міграції населення, що, як правило, збільшує кількість представників ГВР.

Евристика 2.

$$b := b_1 - (b_1 - b_2) \frac{\eta_2}{\eta_1}, \quad a := a_1 - (a_1 - a_2) \frac{\eta_2}{\eta_1}.$$

При застосуванні евристики 2 при узгодженні інтервалів оцінок, які отримані на двох суміжних рівнях ієрархії ознак, береться до уваги те, у скільки разів ранг правил нижчого рівня менший, ніж ранг правил верхнього рівня ієрархії.

Можливим є також використання інших евристик, в залежності від особливостей початкових умов задачі.

Інформаційно-аналітична система для оцінювання міри належності особи до групи високого ризику інфікування ВІЛ. Розробка інформаційно-аналітичної системи (ІАС) для розв'язування задачі кількісного оцінювання представників ГВР передбачає реалізацію таких завдань:

- формування соціально-демографічного портрету особи, що належить до ГВР, на основі наявної експертної та статистичної інформації;
- вибір експертів для проведення експертиз та визначення їх компетентності;
- визначення міри належності особи до ГВР.

ІАС, яка буде супроводжувати вирішення вказаних завдань, дозволить швидко і якісно приймати рішення спеціалістами галузей охорони здоров'я та соціології, в процесі виявлення ГВР та роботи з представниками даних груп.

Одним з етапів розробки ІАС є аналіз та деталізація її логічно-структурної схеми. Серед функцій, які повинна виконувати розроблювана ІАС, можна виділити прогнозування кількості представників цільової групи, аналіз соціально-демографічного портрету особи та виділення серед населення представників ГВР. На етапі розробки ІАС виникає необхідність побудови її логічно-структурної схеми, конкретизації структури системи, уточнення будови її складових елементів та узгодження принципів їх взаємодії.

Процес побудови структурно-логічної схеми ІАС тісно пов'язаний з процесом побудови ієрархії задач, які виникають на етапі проектування ІАС. Вказана система задач включає в себе такі елементи:

- формування переліку ознак – складових соціально-демографічного портрету особи, які мають значний вплив на ймовірність її входження до групи, що розглядається;
- розробка процедур ранжування ознак та побудови лінгвістичних змінних для них;
- розробка програмного забезпечення для попередньої підготовки вхідних даних;
- розробка блоку обробки та аналізу результатів експертних опитувань;
- визначення структури банку даних, встановлення зв'язків між таблицями, що будуть включені туди;
- формування нечіткої бази знань як основного елементу банку даних;
- розробка процедур для вводу, видалення та коригування інформації з банку даних;

– розробка аналітичного блоку ІАС.

Формальна схема функціонування ІАС показана на рис. 3:

На рис. 3 показано, що на попередньому етапі розв'язання задачі здійснюється підготовка інформації в чотирьох структурних блоках і її результат надходить в аналітичний блок ІАС, в якому реалізований метод оцінювання міри належності особи до ГВР.

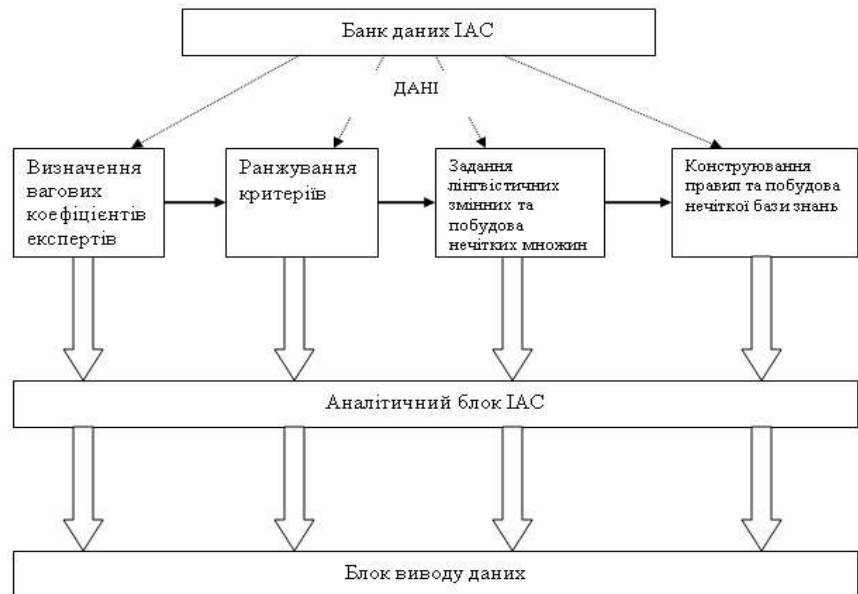


Рис. 3 – Функціональна схема ІАС

Висновки. В роботі розглядається задача оцінювання міри належності особи до ГВР. Було виконано математичну модель та розроблено метод для розв'язання сформульованої задачі. Виділено систему задач, які необхідно розв'язати при розробці ІАС для кількісного оцінювання представників ГВР. Побудовано формальну схему функціонування такої ІАС.

Список літератури: 1. Балакірева, О. М. Оцінка чисельності груп підвищеного ризику інфікування ВІЛ в Україні [Текст] / О. М. Балакірева, Л. М. Гусак. – К: МБФ «Міжнародний Альянс з ВІЛ/СНІД в Україні», 2006. – 28 с. 2. Мулеса, О. Ю. Нечітка ступінчата модель послідовного аналізу варіантів [Текст] / О. Ю. Мулеса // Вісник ЧДТУ. - 2012. - № 3. - С. 9-13. 3. Миронюк, І. С. Результати визначення оціночної чисельності представників уразливої щодо інфікування ВІЛ групи населення (жінки секс-бізнесу) в Закарпатській області [Текст] / І. С. Миронюк, В. Й. Шатило, І. Я. Гуцол, В. В. Брич // Україна. Здоров'я нації – 2011. – №2(18). – С. 133-137. 4. Наконечний, С. І. Економетрія [Текст]: підручник / С. І. Наконечний, Т. О. Терещенко, Т. П. Романюк. — К.: КНЕУ, 2004. — 520 с. 5. Ивахненко, А. Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем

[Текст] / *А. Г. Ивахненко*. – К.: Наук.думка, 1981. – 296 с. **6.** *Ивахненко, А. Г.* Самоорганизация прогнозирующих моделей [Текст] / *А. Г. Ивахненко, Ю. А. Мюллер*. – К.: Техніка, 1985; Берлин: ФЭБ Берлаг Техник. – 1984. – 223 с. **7.** *Хайкин, С.* Нейронные сети: полный курс [Текст] / *С. Хайкин*. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с. **8.** *Kohonen, T.* Self-organization and associative memory [Текст] / *T. Kohonen*. – New-York, Springer Verlag, 1989. – 312 p. **9.** *Снитюк, В. Є.* Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми [Текст]: навчальний посібник / *В. Є. Снитюк* – К.: "Маклаут", 2008. – 364 с. **10.** *Заде, Л.* Понятие лингвистической переменной и ее применение в принятии приближенных решений [Текст] / *Л. Заде*. – М.: Мир, 1976. – 167 с. **11.** *Борисов, А. Н.* Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования [Текст] / *А. Н. Борисов*. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с. **12.** Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта [Текст] / Под ред. *Д. А. Поспелова*. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.

Надійшла до редколегії 15.09.2013

УДК 004.94

Технологія кількісного оцінювання представників груп високого ризику інфікування вірусом імунодефіциту людини в умовах невизначеності / Мулеса О. Ю. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.172-179 . – Бібліогр.: 12 назв.

Рассматривается задача оценивания степени принадлежности лица к группе высокого риска инфицирования вирусом иммунодефицита человека. Разработана технология количественной оценки представителей таких групп с учетом выводов экспертов и нечеткого характера входных данных.

Ключевые слова: информационная технология; группа высокого риска инфицирования вирусом иммунодефицита человека, информационно-аналитическая система.

We consider the problem of estimating the degree of affiliation of a person at high risk of infection with the human immunodeficiency virus . A technology for quantitative assessment of such groups , taking into account the conclusions of experts and the fuzzy nature of the input data.

Keywords: information technology , high risk of infection with human immunodeficiency virus , information- analytical system.

УДК 66.074.327(043)

Є. В. МАНОЙЛО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХП»;
Д. Б. ЩЕРБИНА, студент, НТУ «ХП»

ГІДРОДИНАМІКА У АПАРАТІ З ВІДЦЕНТРОВИМ ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ

У статті описується конструкція, особливості гідродинаміки апарату з відцентрованим псевдозрідженим шаром та наводиться порівняння з промисловим абсорбером.

Ключові слова: відцентрований псевдозріджений шар, абсорбер, очищення, апарат, дисперсні матеріали.

Вступ. В даний час посилюються вимоги, що висуваються до вмісту шкідливих домішок в відведених газах від технологічного обладнання. Однак на сьогоднішній день багато промислових підприємств не обладнані ефективними установками для очищення газів, що відходять, а існуючі методи (гравітаційні, інерційні, електростатичні, фільтрація та ін), часто не задовольняють вимогам ефективності та економічності.

У зв'язку з цим, потрібна розробка та впровадження простих і надійних в експлуатації апаратів, що забезпечують активне уловлювання шкідливих домішок, що містяться в газових потоках. Серед таких апаратів значні перспективи мають пристрої з відцентровим псевдозрідженим шаром.

Тому розробка науково-технічних основ уловлювання шкідливих домішок в апаратах з відцентровим псевдозрідженим шаром повинна дозволити подолати розрив, що існував між теорією і практикою, і обґрунтовано підходити до вибору апаратурного оформлення та технологічного рішення систем газоочистки, що забезпечують ефективне уловлювання зважених часток і парів. Проведені дослідження базуються на фундаментальних роботах А.Г. Амеліна, Н.А. Фукса, В.Г. Левіча, С.С. Кутателадзе, М.А. Стиріковіча і Боєва С.В.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. На сьогоднішній день відомостей з гідродинаміки в апаратах з відцентровим псевдозрідженим шаром недостатньо для розробки методики їх інженерного розрахунку. У зв'язку з цим стаття представляється актуальною.

Мета і завдання дослідження. Метою є проведення досліджень гідродинаміки у відцентровому псевдозрідженому шарі насадки та розробка на їх основі інженерних методів розрахунку апаратів для очищення газових викидів. Результати досліджень можуть бути використані в якості наукової основи для подальших розробок в області очищення промислових газів від шкідливих домішок.

Експериментальні дані та їх обробка. Для розробки методики розрахунку апарату з відцентровим псевдозрідженим шаром твердого дрібнодисперсного матеріалу необхідно експериментальне дослідження гідродинаміки в даному шарі, а так само механізму формування і механіки руху даного шару [1].

Апарат складається з циліндричного корпусу 1, в якому закріплена газорозподільна решітка 2. На решітці встановлено зрошувальний пристрій 3,

виконаний у вигляді конуса з отворами в нижній частині його твірної. Для підведення води

служить штуцер 4. Корпус апарату на рівні насадки має перфорацію 5 і закритий кожухом. Для відведення води служить штуцер 7. Подача повітря здійснюється аксіально вентилятором 15 через патрубок 8, а відведення через патрубок 9 і регулюється шиберами 11, 12, 13. В якості насадки служить дисперсний матеріал 10, розташований на газорозподільній решітці 2. Для зрошення насадки використовується вода з технічного водопроводу, витрата якої регулюється вентилем 14. Забруднена вода видаляється в каналізацію [2].

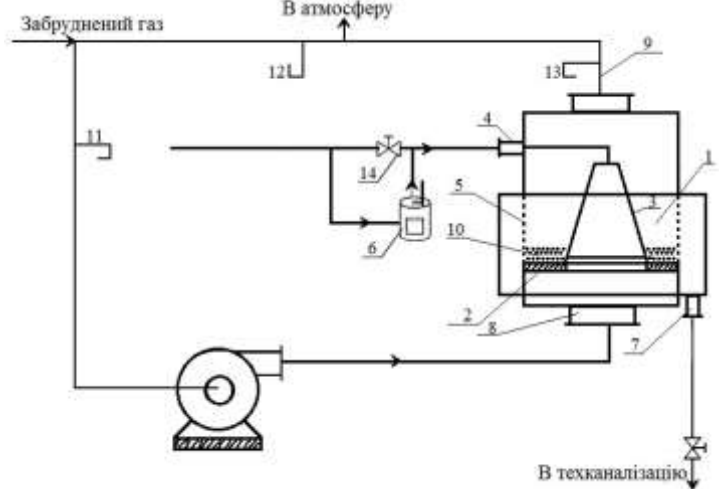


Рис. 1 - Принципова технологічна схема експериментальної установки

В якості насадки застосовувалися частинки з поліпропілену і поліетилену [3]. Основні параметри дисперсних матеріалів наведені в таблиці 1 [3].

Таблиця 1 – Параметри дисперсних матеріалів

№	Матеріал	Форма часток	d _з , мм	ρТ, кг/м ³	ε0
1	Поліпропілен	Неправильної форми	2,96	900	0,40
2	Поліетилен	Неправильної форми	3,2	780	0,40

Наявний обсяг інформації про ефективність очищення газів в апаратах з відцентровим псевдозрідженим шаром не дозволяє отримати аналітичних залежностей для визначення коефіцієнта очищення в даних апаратах. Тому для визначення цих залежностей необхідно виконати експериментальне дослідження процесу.

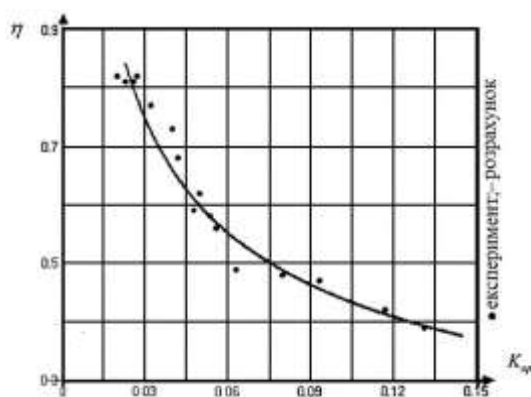


Рис. 2 - Залежність ефективності очищення від коефіцієнта зрошення

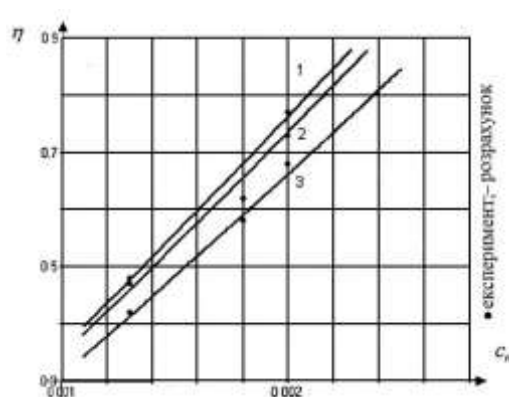


Рис. 3 - Залежність ефективності очищення від початкової концентрації парів

Дослідження проводилося на експериментальній установці, наведеної на рис. 1 за наступною методикою. Задавалися витрати води і газу, що очищається на вході в апарат. Визначалася початкова концентрація парів азотної кислоти в очищуваному газі на вході в апарат. Фіксувався перепад тиску на вході і на виході апарату. Визначалася кінцева концентрація парів кислоти на виході з апарату.

Апроксимація дослідних даних за коефіцієнтом очищення апарату проводилася методом найменших квадратів. В результаті апроксимації отримано критеріальне рівняння для розрахунку коефіцієнта очищення апарату:

$$\eta = 117,3(K_{op})^{-0,44} \cdot \left(\frac{H_M}{d_3}\right)^{0,18} \cdot C_H^{1,1} \quad (1)$$

Середньоквадратичне відхилення дослідних даних від розрахункових за формулою (1) не перевищує 11%.

Аналіз цих графіків 2 - 4 показує досить високий збіг експериментальних і розрахункових даних [4].

Експериментальне дослідження гідродинамічних характеристик апарату. В ході проведення дослідження встановлено, що на гідравлічний опір значно впливає маса насадки з дрібнодисперсного матеріалу, фізичні та геометричні параметри матеріалу, витрата газу і рідини, кут входу газового потоку в шар. В результаті апроксимації отримано критеріальне рівняння для розрахунку гідравлічного опору [5]:

$$Eu = 19,3 Re_r^{-1,43} \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_g}\right)^{1,38} \cdot \left(\frac{H_M}{d_3}\right)^{0,63} \cdot K_{op}^{0,13} \quad (2)$$

Середньоквадратичне відхилення дослідних даних від розрахункових становить 12%.

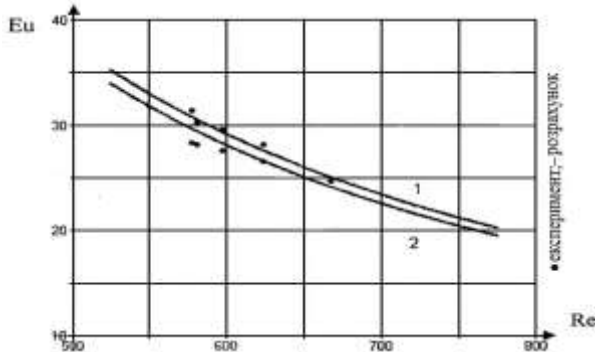


Рис. 5 – Зависимость гидравлического сопротивления от скорости газа

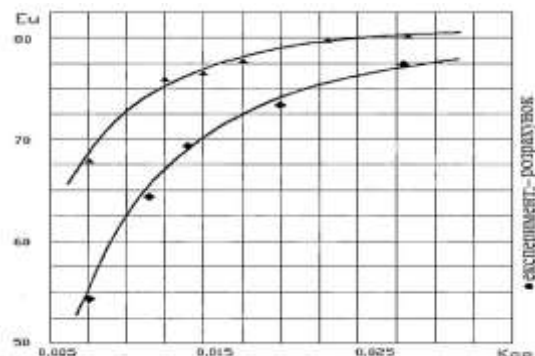


Рис. 6 – Зависимость гидравлического сопротивления от коэффициента орошения

Порівняння експериментального апарату з промисловим абсорбером. В даний час для очищення газів, що відходять від газоподібних і пароподібних домішок використовуються різні апарати, такі як абсорбери, електрофільтри, апарати конденсаційного очищення. Насадочні абсорбери представляють собою колони,

завантажені насадкою - твердими тілами різної форми. Застосування насадки дозволяє збільшити поверхню контакту газу і рідини, а отже, підвищити ефективність роботи апарату, рис.7. Іншою перевагою насадочних колон є більш низький гідравлічний опір в порівнянні з барботажними абсорберами.

Перспективним напрямком для інтенсифікації масообмінних процесів у газоочисних апаратах є використання псевдозрідженого шару в якості насадки. На рисунку 8 наведена експериментальна установка для очищення газів, що відходять, в якій в якості насадки використовується відцентровий псевдозріджений шар дрібнозернистого матеріалу [6].

Інтенсивність масообміну в цьому випадку на порядок вище, ніж в апаратах з нерухоною насадкою, що дозволяє значно зменшити габарити газоочисних пристроїв, а їх ефективність збільшити [7].

У порівняльному експерименті очищається повітря забруднене парами азотної кислоти.

В результаті інженерного розрахунку насадочного абсорбера гідравлічний опір було отримано рівним $\Delta P = 6903$ Па, а ефективність очищення $\eta = 63$ %.

Розрахунок апарату для очищення газів з відцентровим шаром насадки показав ефективність очищення $\eta = 74$ %; а гідравлічний опір $\Delta P = 806$ Па.

Було проведено порівняння розробленого апарату для очищення газів з відцентровим псевдозрідженим шаром з промисловим абсорбером з насадкою з кілець Рашига. Як показали розрахунки, ефективність очищення в апараті з псевдооживленом шаром на всіх режимах роботи на 18% перевищує ефективність очищення в промисловому абсорбері з насадкою з кілець Рашига.

На рис. 9 представлено порівняння ефективності очищення апаратів з трифазним псевдозрідженим шаром насадки і насадочного

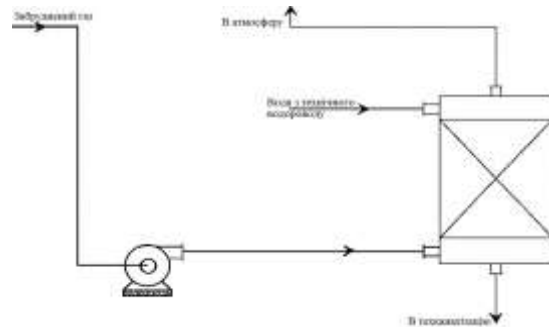


Рис. 7 – Технологічна схема роботи експериментального насадочного абсорбера

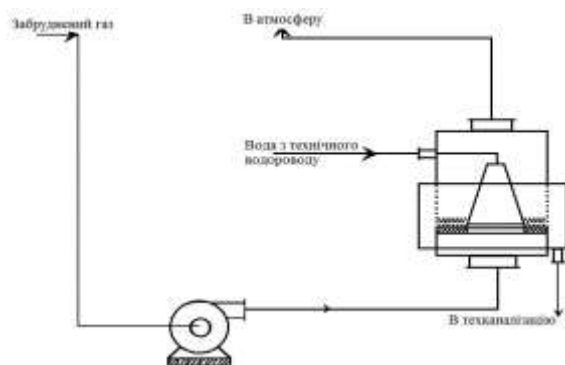


Рис. 8 – Технологічна схема роботи експериментального абсорбера з псевдозрідженою насадкою

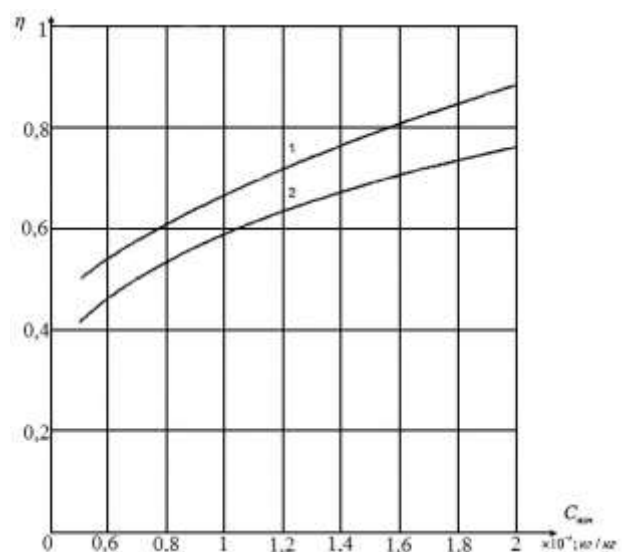


Рис. 9 – Залежність ефективності очищення від початкової концентрації парів кислоти: 1 – апарат для очищення газів з відцентровим псевдозрідженим

абсорбера [8].

шаром; 2 – насадочний абсорбер

Висновки. На експериментальній установці для дослідження процесів гідродинаміки у відцентровому псевдозрідженому шарі отримані емпіричні співвідношення для розрахунку гідравлічного опору і коефіцієнта очищення газів.

Запропонована конструкція апарату для очищення газів з відцентровим псевдозрідженим шаром, що забезпечує ефективність очищення на 18% вищу за ефективність очищення у промисловому абсорбері з насадкою з кілець Рашига [9].

Газоочисні апарати з відцентровим псевдозрідженим шаром дрібнозернистої насадки володіють високими показниками ефективності при малому гідравлічному опорі потоку газу, здатністю твердих частинок самоочищатися від забруднень у процесі роботи. Вони дозволяють значно інтенсифікувати процеси тепло-і масообміну між рідиною і газом, досягти найбільш рівномірного змочування частинок насадки рідиною і, виключити винесення крапель рідини газом. Це визначає доцільність подальших розробок апаратів з відцентровим псевдозрідженим шаром насадки для очищення газових викидів на підприємствах харчової, легкої, хімічної, електронної, металообробної, меблевої, цементної та інших галузей промисловості [10, 11].

Обладнання промислових підприємств такими апаратами дозволить значно поліпшити санітарну та екологічну обстановку в районі розташування підприємств.

Список літератури: 1. Амелин А. Г. Теоретические основы образования тумана при конденсации пара [Текст] / А. Г. Андреев. – М. : Химия, 1972. – 304 с. 2. Фукс Н. А., Высокодисперсные аэрозоли [Текст] / Н. А. Фукс, А. Г. Сутугин – М.: ВИНТИ, 1969. – 84 с. 3. Боев С. В. Экспериментальное исследование гидродинамики аппарата для очистки газов с центробежным слоем насадки [Текст] / С. В. Боев, Ю.Н. Агапов, В. Г. Стогней // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5, №5. С. 22–25. 4. Агапов, Ю. Н. Определение порозности тонкого направленно перемещающегося вдоль наклонной газораспределительной решетки псевдооживленного слоя [Текст] / Ю. Н. Агапов, А. В. Бараков, А. В. Жучков // Химическая промышленность. — 1984. № 2. С. 48–49 5. Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений [Текст] / А. Н. Зайдель. – Л. : Наука, 1986. – 96 с. 6. Теплоэнергетика и теплотехника [Текст] / справочник // под ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. - М.: Энергия, 1980. - 528 с. 7. Боев С. В. Исследование аппарата для очистки вентвыбросов от паров кислот [Текст] / С. В. Боев, Ю. Н. Агапов, Э. Р. Огурцова // Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения: Труды науч.-техн. конф. молодых ученых, с аспирантов и студентов. Вып. 7. Воронеж: Воронеж, гос. техн. ун-т, 2007 - с. 54 - 58. 8. Левич В. Г. Физико-химическая гидродинамика [Текст] / В. Г. Левич – М. : Физматгиз, 1959. – 700 с. 9. Кутателадзе С. С. Гидродинамика газожидкостных систем. [Текст] / С. С. Кутателадзе, М. А. Стырикович. – М. : Энергия, 1976 – 296 с. 10. Боев С. В. Гидродинамика и тепломассообмен в аппарате для очистки газов с трехфазным псевдооживленным слоем. Диссертация. Воронеж, 2011. – 142 с. 11. Моисеев В. Ф. – Очищення газових викидів підприємств В. Ф. Моисеев, Є. В. Манойло, Д. Б. Щербина. 65-66 с. Екологічна освіта: районні та національні аспекти «Горбуновські читання» - Чернівці ЧФ НТУ «ХП» 2013- 136 с. 12. Манойло Е. В., Щербина Д. Б. – Очистка крупнотоннажных газовых выбросов промышленных предприятий 89-90 с.– Екологічна безпека держави тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів 2013р. Національний авіаційний університет – К: НАУ, 2013 – 260 с.

Надійшла до редколегії 08.09.2013

УДК 66.074.327(043)

Гідродинаміка у апараті з відцентровим псевдозрідженим шаром / Манойло Є. В., Щербина Д. Б. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.180-185 . – Бібліогр.: 12 назв.

В статті описується конструкція, особливості гідродинаміки апарату з центробежним псевдооживленим шаром і приводиться порівняння з промисловим абсорбером.

Ключевые слова: центробежный псевдооживленный слой, абсорбер, очистка, аппарат, дисперсные материалы.

The article describes the design, features of hydrodynamics of the apparatus with the centrifugal fluidized bed and compares with industrial absorber.

Keywords: centrifugal fluidised bed, absorber, cleaning, apparatus, disperse materials.

УДК 66.084.2:661.715

И. М. ГЛИКИНА, канд. техн. наук, доц., Технологический институт Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк;

А. О. ДОМНИН, аспирант, Технологический институт Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк;

С. А. ШЕРШНЁВ, канд. техн. наук, ст. преп., Технологический институт Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк;

М. А. ГЛИКИН, Заслуженный деятель науки и техники Украины, д-р техн. наук, профессор, зав.каф., Технологический институт Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ C₅₊ ПО ТЕХНОЛОГИИ АЭРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛИЗА В ВИБРООЖИЖЕННОМ СЛОЕ. ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ

Рассмотрено получение углеводородов альтернативным синтезом Фишера-Тропша по технологии аэрозольного нанокатализа в виброоживленном слое под давлением. Проведен анализ предлагаемой технологии по сравнению с известными. Представлена лабораторная установка осуществления процесса. Отработана методика приготовления каталитической системы. Показаны предварительные результаты исследований по влиянию давления на степень конверсии процесса.

Ключевые слова: аэрозольный нанокатализ; каталитическая система; давление; углеводороды.

Введение. Синтез Фишера-Тропша (ФТ-синтез) интересует ученых постоянно, начиная с 40-х годов прошлого столетия [1]. Однако, начиная с 1970-х гг. его полномасштабное внедрение стало экономически невыгодным в связи с тотальным использованием природного газа и нефтепродуктов. Это воспрепятствовало дальнейшему развитию синтеза. Интерес к ФТ-синтезу, как источнику альтернативных топлив, был возобновлен конце XX века, в связи с политическими и экономическими кризисами, а также нестабильной ситуацией с ценой нефти. В комплексном производстве ФТ-синтез предоставлен в виде GTL (gas-to-liquids) и CTL (coal-to-liquids) технологий, которые (при дальнейшем устойчивом развитии) обладают значительным потенциалом и способны создать конкуренцию традиционным источниками углеводородов [2].

Анализ литературных источников. В своем докладе компания British Petroleum (BP) "Энергия мира-2005" призывала все нефтяные компании мира интенсифицировать работы по разработке альтернативных технологий получения углеводородов [3]. Согласно данным, на протяжении двух десятилетий мировая экономика столкнется с проблемой нефтяного кризиса. Было подсчитано, что

нефтяные запасы России, возможно, исчерпаются за 21 год, запасы США за 11 лет, а положение Норвегии и Великобритании еще сложнее за 8,2 года и 6 лет соответственно. Ученые выяснили, что альтернативой нефтяному сырью может стать синтез-газ, который получают как из угля, так и из природного газа.

Запасы угля Украины составляют 33,873 млрд. тонн – это 3,9% от мировых запасов. В 2011 году уже добыли больше 75 миллионов тонн [4]. Современный рынок топлива Украины показывает, что ежегодно продают 8 млн. тонн светлых нефтепродуктов. Из них собственного производства лишь 3,001 млн. т., что составляет всего 37% от необходимого количества [5].

Уголь – достаточно распространенный ресурс для Украины. Технологии его переработки с получением синтез-газа (СГ) постоянно совершенствуют. Однако развитие этих технологий получения углеводородов в газовой фазе как в стационарном (СС), так и в псевдооживленном слое катализатора (ПОС) тормозит низкая селективность используемых катализаторов при получении целевых продуктов (например, для бензиновой фракции она составляет порядка 18-36% масс.). Еще одной из причин является отложение на поверхности катализатора высокомолекулярных продуктов (ВП) и свободного углерода [6].

Недостатками процесса Фишера-Тропша в газовой фазе в ПОС и СС катализатора являются:

- низкая теплоотдача слоя катализатора;
- сложность поддержки температурного режима в реакционной зоне;
- необходимость организации рецикла газового потока;
- отравление катализатора продуктами синтеза;
- агломерация частиц катализатора, вследствие слипающего воздействия ВП, образующихся в процессе синтеза в ПОС;
- высокая чувствительность катализатора к каталитическим ядам, особенно серосодержащим соединениям.

В работе [7] при эксплуатации промышленных установок в условиях ПОС с использованием частиц размером до 100 мкм отмечены ограничения существующие при использовании ПОС (неравномерность псевдооживления, образование застойных зон и каналобразование, унос и образование «поршней» в узких каналах и др.), что требует особых технологических режимов ведения процесса.

Перечисленные недостатки накладывают определенные ограничения на технологический режим, что уменьшает потенциал процесса при его реализации в промышленном масштабе.

Таким образом, промышленные технологии по переработке СГ еще не обладают достаточной эффективностью. Обзор современного состояния процесса в [6] показывает, что, не смотря на серьезные проблемы ФТ-синтеза, исследования в этом направлении не прекращаются.

В Украине также разрабатывают альтернативные технологии получения углеводородов синтезом Фишера-Тропша. Этой альтернативой является технология аэрозольного нанокатализа (Aerosol nanocatalysis - AnC), созданная украинскими учеными более 25 лет назад. Пока технология AnC существует в двух вариантах: псевдооживленном (Aerosol nanocatalysis with Fluidized Bed – AnCFB) и виброоживленном слоях (Aerosol nanocatalysis with Vibrating Bed – AnCVB) каталитической системы [8].

В настоящей работе показаны первые результаты исследования ФТ-синтеза по

технологии AnC под давлением с получением углеводородов с пятью и более атомами углерода (C₅₊).

Технология AnCVB была впервые применена для ФТ-синтеза в работе [6]. В результате установлены следующие преимущества AnCVB по сравнению с уже известными вариантами ФТ-синтеза в газовой фазе:

- снижение концентрации катализатора в реакционном объеме до 10 г/м³;
- уменьшение селективности образования легких углеводородов C₁-C₄ до величины менее 0,1% масс. по углероду.

Цель и задачи исследования. Целью данной работы является получение углеводородов C₅₊ и выше методом ФТ по технологии AnCVB при повышенном давлении.

В процессе проведения исследований необходимо решить следующие задачи:

- повысить селективность процесса по углеводородам C₅₊;
- снизить время контакта до уровня промышленных процессов (до 10 с и менее);
- минимизировать образование углеводородов C₁-C₄;
- усовершенствовать методику приготовления каталитической системы;
- определить оптимальные параметры ведения процесса (частота и амплитуда колебаний каталитической системы, концентрация катализатора в реакционном объеме, тип диспергирующего материала (ДМ)).

Экспериментальные данные и их обработка. Согласно [9] процесс осуществляют в реакторе с каталитической системой, состоящей из диспергирующего материала (ДМ) и катализатора, находящегося в организованном движении.

Согласно проведенным исследованиям по технологии AnCVB под атмосферным давлением [6] была создана лабораторная установка получения углеводородов, работающая под повышенным давлением (рис. 1).

Работа установки включает: СГ (СО и Н₂) в необходимом соотношении проходит через смеситель газа 1 (байпас для восстановления катализатора и продувки установки) и смеситель газа 2, в которых предусмотрен контроль концентрации смеси и давления. Далее смесь поступает в реактор 4, обогреваемый электроподогревателем 3. Реактор совершает колебания при помощи виброустройства 5. Блок управления (В) позволяет регулировать частоту вибрации и температуру реакции. Для амплитуды колебаний предусмотрено регулирование. Для удержания катализатора в реакционной зоне предусмотрен металловолоконный фильтр. Давление смеси после реактора контролируют манометром. Продукты реакции и непрореагировавший газ поступает в сборник 6. Несконденсированные в холодильнике 7 газы через барботёр 8 поступают в сборник газа 9.

Газообразные и жидкие продукты анализируют хроматографами ЛХМ-8, ЦВЕТ-500 и Кристалл-5000 М.

Одна из поставленных задач – усовершенствование методики приготовления каталитической системы. Анализ литературных данных [1, 10] показал, что процесс восстановления катализаторов, основным компонентом которых является железо, происходит по следующей схеме:



Стадия перехода Fe₂O₃ в Fe₃O₄ наиболее длительная, а поверхность катализатора может уменьшиться до 70% от исходной [1].

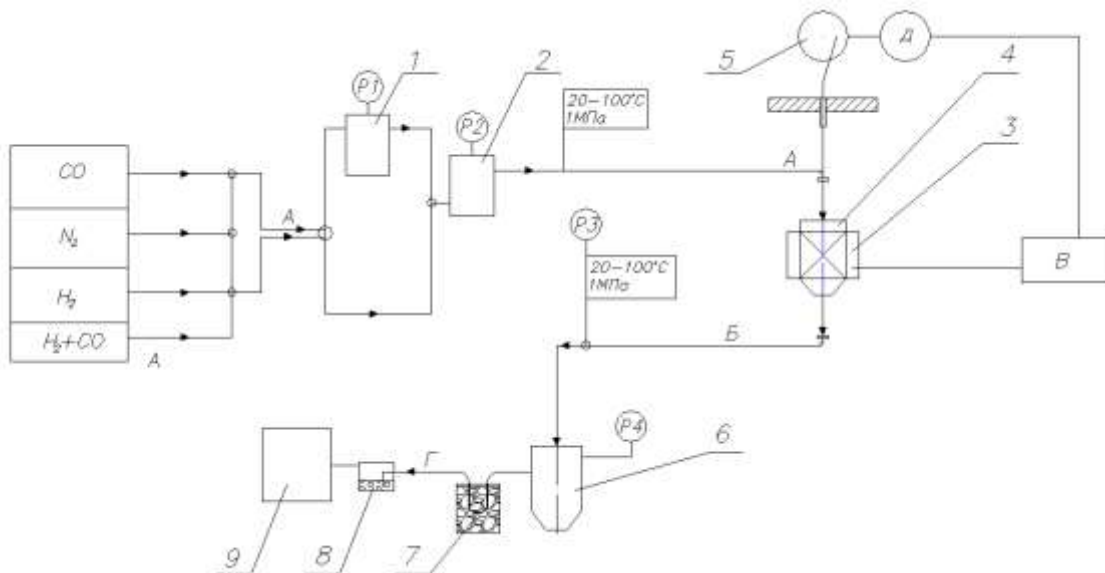


Рис. 1 – Принципиальная схема лабораторной установки получения углеводородов C_{5+} методом Фишера-Тропша по технологии аэрозольного нанокатализа под давлением: 1 – смеситель газа 1; 2 – смеситель газа 2; 3 – электрическая печь; 4 – реактор; 5 – виброустройство; 6 – сборник газа 1; 7 – холодильник; 8 – барботёр; 9 – сборник газа 2; А – сырьё; Б – продукты реакции; В – блок управления; Г – газ; P_{1-4} – манометры

На рис. 2 показана поверхность ДМ с нанесенным на нее катализатором после проведения опыта (с этапом восстановления каталитической системы водородом) [6].

Как видно из рис.2, на поверхности ДМ присутствуют «не запыленные» участки. Это может свидетельствовать как о последствиях механического воздействия, так и о не плотной адгезии катализатора на ДМ. Таким образом, эта поверхность может быть открыта не только для исходных реагентов, но и, возможно, для свободного катализатора в реакционном объеме. Визуально, после выгрузки каталитической системы, в ряде опытов в работе [6] было обнаружено уменьшение поверхности нанесенного катализатора уже после стадии

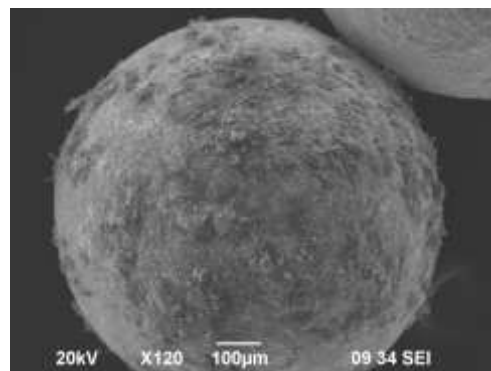


Рис. 2 – Снимок во вторичных электронах поверхности ДМ с нанесенным на него катализатором $Fe:Cu:K_2CO_3$ с соотношением компонентов 100:20:0,24 масс. после опыта

восстановления. Исходя из этого, была разработана более эффективная методика подготовки каталитической системы, которая состоит в следующем.

Методика стандартного «запыления» катализатора ДМ описана в [11, 12]. Новым в этой методике является то, что далее каталитическую систему восстанавливают в реакторе в токе водорода при $450-500^{\circ}C$ в течение нескольких часов, потом охлаждают, просеивают и вновь «запыляют». Процедуру восстановления повторяют до тех пор, пока восстановленный катализатор прочно не закрепится на поверхности ДМ. Только после этого полученную каталитическую систему загружают в реактор вместе с навеской свободного катализатора, который восстанавливают водородом (для перехода железа в более активное состояние), а после (при температуре синтеза) подают СГ.

Исследования поверхности ДМ проводились на сканирующем электронном микроскопе JSM-6490 при содействии Технологического центра НАН Украины, оснащенном энергодисперсионным спектрометром и волновыми спектрометрами для проведения микроанализа химического состава поверхности исследуемых образцов.

На рис.3 представлен снимок поверхности ДМ после двукратного проведение «запыления» по описанной выше методике.

При этом поверхность чистых шариков выглядит, как показано на рис.4.

Анализ полученных снимков показывает, что приготовленный таким способом ДМ более плотно сорбирует катализатор на своей поверхности.

После проведения синтеза ситуация практически не меняется (рис.5): свободных участков поверхности значительно меньше, нежели на рис.2.

При этом катализатор более равномерно распределен по поверхности, значительные единичные скопления отсутствуют.

Все это свидетельствует об эффективности усовершенствованной методики приготовления КС и значительно снижает вероятность возникновения чистых участков поверхности, способных сорбировать катализатор из газовой фазы.

Первоначально исследовали влияние давления на процесс получения углеводородов методом ФТ по технологии AnCVB. Диапазон изменения давления составляет 0,5-0,8 МПа. В качестве ДМ использовали стеклянные шарики (1-2 мм диаметром), их доля в объеме реактора – 50%.

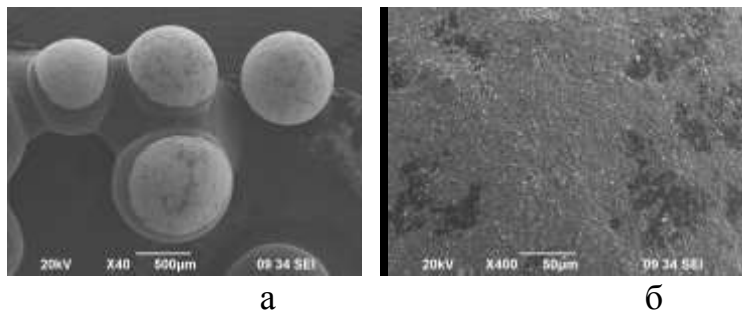


Рис. 3 - Снимок во вторичных электронах поверхности ДМ после двукратного «запыления» по усовершенствованной методике в разном увеличении: а– 500 мкм; б – 50 мкм

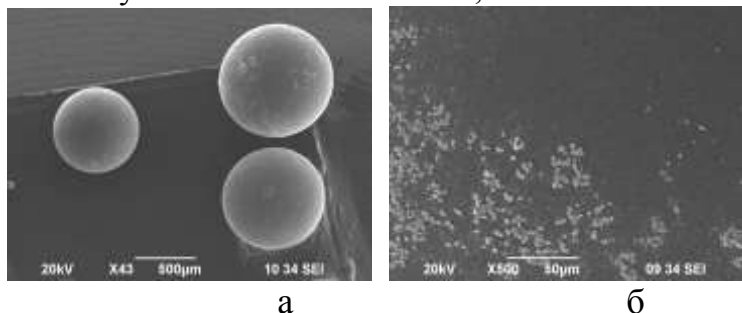


Рис. 4 – Снимок во вторичных электронах поверхности «чистого» ДМ в разном увеличении: а – 500 мкм; б – 50 мкм

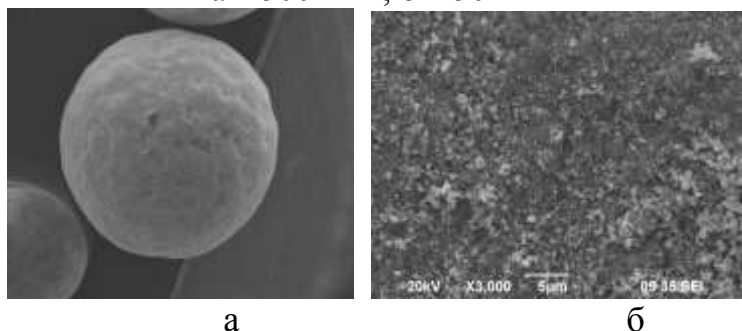


Рис. 5 – Снимок во вторичных электронах поверхности ДМ после проведения синтеза при различном увеличении: а – 500 мкм; б – 5 мкм

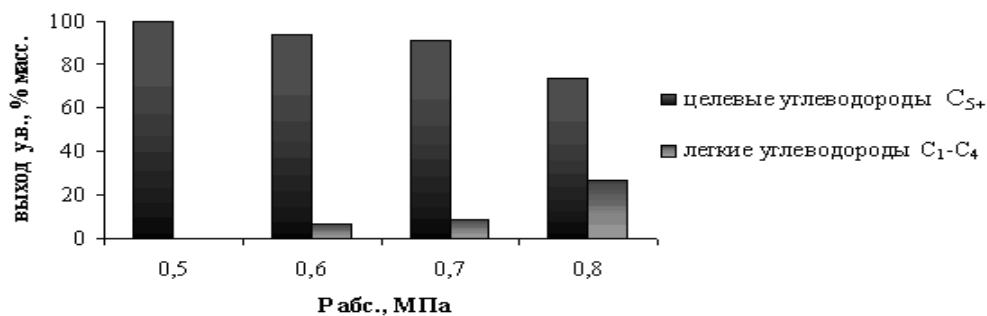


Рис. 6 – Зависимость выхода углеводородов (по фракциям) от абсолютного давления Р_{абс.}. Условия: $v_{\text{СГ}} \approx 5 \text{ ч}^{-1}$, $V_{\text{водорода}} = 6 \text{ л/час}$, $t_{\text{восст.}} = 500^{\circ}\text{C}$, $A=10 \text{ мм}$, $C_{\text{кат}}=10 \text{ г/м}^3$, газ-восстановитель – водород, соотношение компонентов катализатора, %масс. – Fe:Cu:K₂CO₃=100:20:0,24 масс

Анализ полученных данных (рис.6) показывает низкое содержание фракции C_{1-C4} в продуктах реакции по отношению к целевым углеводородам C₅₊, особенно в диапазоне изменения давления 0,5-0,7 МПа.

Более детально можно рассмотреть влияние давления на степень конверсии СГ (по углероду) на рис. 7.

Из рис.7 видно, что зависимость имеет колебательный характер. В исследованном диапазоне параметров максимальная степень конверсии (37% масс.) отмечена при давлении 0,7 МПа, хотя при 0,5 МПа степень конверсии приближается к 35% масс.

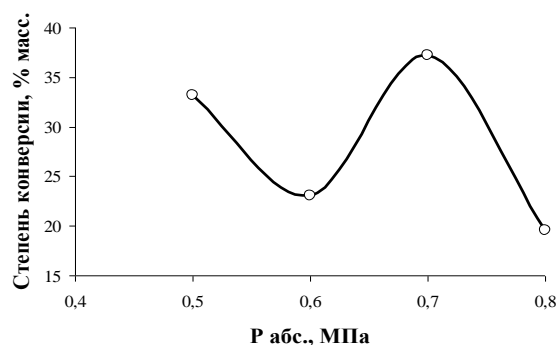


Рис. 7 – Зависимость влияния давления Р_{абс.} на степень конверсии СГ (по углероду). Условия: $v_{\text{СГ}} \approx 5 \text{ ч}^{-1}$, $f = 6 \text{ Гц}$, $V_{\text{в}} = 6 \text{ л/час}$, $t_{\text{восст.}} = 500^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{синт.}} = 230^{\circ}\text{C}$; $C_{\text{кат}} = 10 \text{ г/м}^3$, $A = 10 \text{ мм}$, соотношение компонентов катализатора, %масс. - Fe:Cu:K₂CO₃=100:20:0,24 масс

Дальнейшие исследования. Синтез углеводородов по технологии AnC представляет собой перспективное направление дальнейшего развития процесса Фишера-Тропша, способное создать альтернативу уже существующим технологиям благодаря резкому снижению массы катализатора в реакционном объеме и высокой селективности по целевым группам углеводородов. Поэтому исследование ФТ-синтеза под давлением в условиях AnCVB имеет первостепенное значение, как для науки, так и для отечественной химической промышленности и экономики в целом. В связи с этим, планируются следующие направление дальнейших исследований:

- снижение концентрации катализатора (в настоящий момент она составляет 10 г/м^3 реакционного объема);
- более детальное изучение влияние частота колебаний каталитической системы на основные показатели процесса (степень конверсии, селективность, выход);
- снижение времени контакта при сохранении высокой степени конверсии СГ за один проход;
- подбор оптимальных параметров ведения процесса на основании полученных результатов (определение технологического режима при котором в продуктах реакции будут углеводороды C₅₊ и выше, при пониженном выходе углеводородов C_{1-C4}, а также CO₂)

Выводы. Процесс получения углеводородов методом Фишера-Тропша по технологии AnCVB под давлением находится на начальном этапе исследования. Полученные результаты уже на этом этапе показывают перспективность данного процесса в условиях технологии AnCVB. Дальнейшее тщательное изучение и определение оптимальных параметров процесса дадут возможность поставить технологию на один уровень с широко распространенными промышленными технологиями. Продукты ФТ-синтеза отличаются разнообразием, а также высоким качеством, удовлетворяющим современным экологическим требованиям. Именно поэтому получение жидких углеводородов синтезом Фишера-Тропша можно по праву считать альтернативой нефтяным технологиям.

Список литературы: 1. Storch H.H., Anderson R.B., Hofer J.E., Hawk C.O., Anderson H.C., Columbic N. Synthetic liquid fuels from hydrogenation of carbon monoxide [Текст] Technical paper 709. United States department of the interior.U.S. Gov. Printing Office, Washington, 1948. – P.213. 2. GTL-технологии по переводу газа в жидкое состояние [Текст] Режим доступа : <http://neftegaz.ru/science/view/725>. 3. Putting energy in the spotlight BP. Statistical Review of World Energy June 2005 [Текст] Режим доступа : http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/switzerland/corporate_switzerland/STAGING/local_assets/downloads_pdfs/s/statistical_review_of_world_energy_2005.pdf. 4. Putting energy in the spotlight BP. Statistical Review of World Energy June 2012 [Текст] Режим доступа: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf. 5. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [Текст] Режим доступа : http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/article?art_id=231893&cat_id=217369&search_param=%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%8F%D0%B3+%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D1%83&searchForum=1&searchDocarch=1&searchPublishing=1. 6. Шершнёв С.А. Получение углеводородов из синтез-газа по технологии аэрозольного нанокатализа. [Текст] Дисс... канд. техн. наук : 05.17.04. / Шершнёв С. А. – Луганск, 2012. – 129 с.. 7. Колпаков А. С.. Резонансные режимы виброожижения мелкодисперсных порошков и их использование в технологических процессах термической и химико-термической обработки [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.14.04 Екатеринбург, 2006 425 с. РГБ ОД, 71 : 07-5 / 305 8. Гликин М.А. Аэрозольный катализ [Текст] / М.А. Гликин // Теоретические основы химической технологии. – 1996. – Т. 30, № 4. – С. 430-435. 9. Пат. 2081695 (РФ), МКИ В 01 J 8/08, 8/32. Способ осуществления газофазных химических процессов (аэрозольный катализ) [Текст] : Пат. 2081695 (РФ), МКИ В 01 J 8 / 08, 8 / 32 / Гликин М.А. (UA), Пихтовников Б.И. (RU), Новицкий (UA) В.С., З.Н. Мемедляев (UA), Д.А. Кутакова (UA), И.Н. Викс (UA), Е.М. Принь (UA); Патентообладатель – Общество с ограниченной ответствен. «НИТРОХИМ» (RU). - №94011388; Заявл. 1.04.94. 10. Химические вещества из угля. Под ред. Фальбе Ю. [Текст] : пер. с нем. / Под ред. И.В.Калечица – М. : Химия, 1980. – 616 с. 11. Кудрявцев С.А. Основы технологии получения бензиновой фракции и этилена аэрозольным нанокатализом [Текст]. Дисс... канд. техн. наук: 05.17.07. / Кудрявцев Сергей Александрович – Л., 2006. – 160 с. 12. Глікіна І.М. Основи технології аерозольної нанокаталітичної переробки органічних сполук у віброзрідженому шарі [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.17.04 «Технологія продуктів органічного синтезу» / І.М. Глікіна. – Львів, 2005. – 24 с.

Поступила в редколлегию 03.10.2013

УДК 66.084.2:661.715

Получение углеводородов C₅₊ по технологии аэрозольного нанокатализа в виброожиженном слое. Влияние давления / Домнин А.О., Шершнев С.А., Гликина И.М., Гликин М.А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С185-192. – Бібліогр.: 12 назв.

Розглянуто отримання вуглеводнів альтернативним синтезом Фишера-Тропша за технологією аерозольного нанокатализа в виброожиженном шарі під тиском. Проведено аналіз запропонованої технології в порівнянні з відомими. Представлена лабораторна установка здійснення процесу. Відпрацьована методика приготування каталітичної системи. Показані попередні результати досліджень з впливу тиску на ступінь конверсії процесу.

Ключові слова: аерозольний нанокаталіз; каталітична система; тиск; вуглеводні.

We analyzed the proposed technology in comparison with known technology. It considers an alternative preparation of hydrocarbons by Fischer-Tropsch method in aerosol nanocatalysis with vibrating bed. It was presented laboratory setup of the process with pressure. The technique of preparation of the catalyst system is used. It shows preliminary results of the effect of pressure on the conversion.

Keywords: aerosol nanocatalysis; catalytic system; pressure; hydrocarbons

УДК 621.331

В. Г. КУЗНЕЦОВ, д-р техн. наук, проф., ДНУЗТ, Дніпропетровськ;

Д. О. БОСИЙ, канд. техн. наук, доц., ДНУЗТ, Дніпропетровськ;

Т. І. КИРИЛЮК, асистент ДНУЗТ, Дніпропетровськ

ВИЗНАЧЕННЯ РЕГЛАМЕНТУ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА ВТРАТ

На основі методу Монте-Карло, встановлено закон розподілу коефіцієнта втрат. Визначені ступені впливу кожного з факторів на втрати електроенергії в контактній мережі. Надані рекомендації що до періодичності зміни коефіцієнта втрат.

Ключові слова: втрати електроенергії, лічильник втрат, коефіцієнт втрат, метод Монте-Карло, коефіцієнт кореляції, регламент зміни, налаштування лічильника.

Вступ. Величина втрат електроенергії в елементах системи тягового електропостачання є визначальним фактором оцінки ефективності процесів електропостачання і електроспоживання в будь-якій електроенергетичній системі. Точне вимірювання втрат прямими методами в контактній мережі неможливе через стохастичний характер навантаження. Найбільш перспективний спосіб визначення втрат енергії в контактній мережі – використання лічильників втрат, встановлених на фідерах контактної мережі та реєструючих інтегральне значення ампер - квадрат - годин. Остання розробка компанії Ельстер Метроніка - мікропроцесорний лічильник електроенергії Альфа А1800 з функцією обліку втрат (в модифікації лічильника присутня літера V) та спеціалізований програмний пакет Metercat (AlphaPlus W2.1).

Метод виміру втрат енергії заснований на реєстрації величини ампер - квадрат - годин на фідерах тягових підстанцій. До лічильника вводиться коефіцієнт втрат, який враховується в передаточній функції перехідного пристрою, і лічильник показує одразу втрати електроенергії.

На сьогоднішній день проведено багато досліджень [1-6] що до визначення коефіцієнта втрат, але відсутні рекомендації по регламенту його зміни. Для практичного застосування результатів досліджень необхідно знати як часто змінювати коефіцієнт втрат.

Мета статті. Надати рекомендації що до регламенту зміни коефіцієнта втрат для ділянок постійного та змінного струмів.

Основний матеріал. Для вирішення поставленої задачі скористаємось методом Монте-Карло та рівняннями регресії для визначення коефіцієнта втрат, що були отримані в [7]. Проведемо математичне моделювання в середовищі Crystal Ball за наступним алгоритмом (рис. 1).

Для формування моделі попередньо були визначені закони розподілу факторів [7], що впливають на коефіцієнт втрат (табл. 1).

Таблиця 1 – Вихідні дані для моделювання

Вихідні дані моделі	Закон розподілу	Параметри закону
Кількість поїздів на розрахунковій зоні	Біноміальний	$P=0,0822$, $n=43$
Зношування контактних проводів	Логнормальний	$m=17,2$, $\sigma=5,67$
Температура навколишнього середовища	Вейбула	$k=50,51$, $v=4,6924$
Швидкість руху електрорухомого складу	Логнормальний	$m=47,52$, $\sigma=22,07$

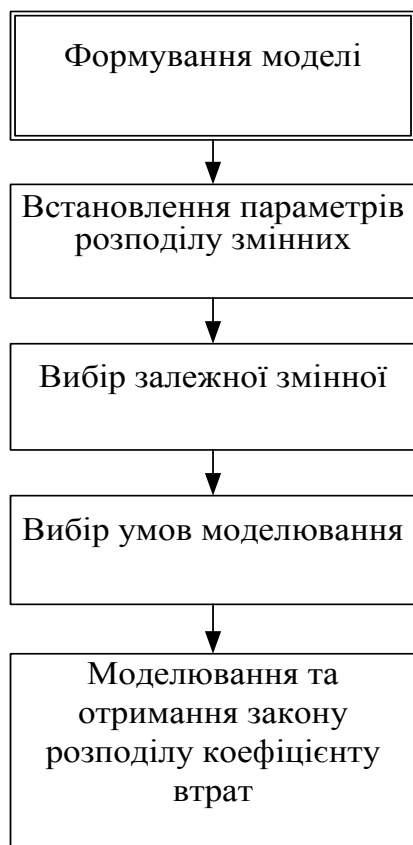


Рис. 1 – Алгоритм моделювання за допомогою методу Монте-Карло в середовищі Crystal Ball

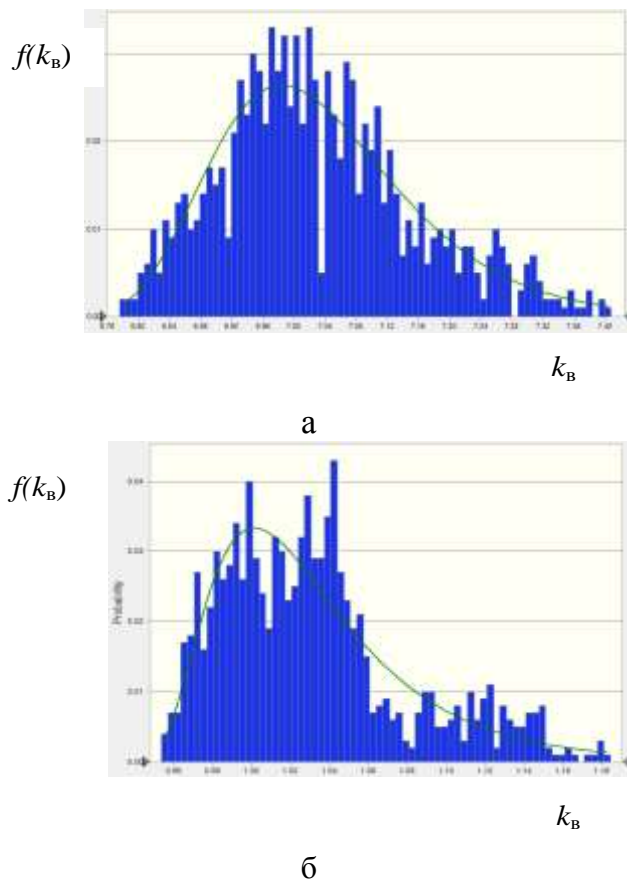


Рис. 2 – Гістограми розподілу коефіцієнта втрат а – ділянка змінного струму (Одеська залізниця), б – ділянка постійного струму (Придніпровська залізниця)

В результаті моделювання отримані гістограми розподілу коефіцієнта втрат для ділянок постійного та змінного струмів (рис. 2 а, б), встановлено, що коефіцієнти втрат підпорядковуються логнормальному розподілу. Отримані наступні характеристики розподілу коефіцієнта втрат (табл. 2)

Таблиця 2 – Характеристики розподілу коефіцієнта втрат електроенергії

Математичне очікування, μ	Медіана, Me	Мода, Mo	Середнє квадратичне очікування, σ	Дисперсія, D	Асиметрія, γ_1	Експес, γ_2	Коефіцієнт варіації, V
Одеська залізниця							
7,04	7,02	6,98	0,13	0,02	0,87	4,38	0,02
Придніпровська залізниця							
1,03	1,02	1,0	0,06	0,00	1,79	9,19	0,05

За результатами моделювання встановлено, що на досліджуваних ділянках коефіцієнт втрат змінюється в таких межах (табл. 3).

Таблиця 3 – Межі зміни коефіцієнта втрат

Значення k_B	Ділянка постійного струму	Ділянка змінного струму
Мінімальне значення	0,94	6,56
Максимальне значення	1,33	7,79

Для надання рекомендацій щодо регламенту зміни коефіцієнта втрат визначимо ступінь впливу кожного з факторів. Для ділянки постійного струму коефіцієнт кореляції (рис. 3) між коефіцієнтом втрат і температурою навколишнього середовища складає 0,0462; між коефіцієнтом втрат і зношуванням контактного проводу – 0,2635, між коефіцієнтом втрат і швидкістю руху електрорухомого складу – 0,4865, між коефіцієнтом втрат і кількістю поїздів на розрахунковій зоні – (-0,7942).

Для ділянки змінного струму коефіцієнт кореляції між коефіцієнтом втрат і температурою навколишнього середовища складає 0,0129; між коефіцієнтом втрат і зношуванням контактного проводу – 0,0815; між коефіцієнтом втрат і кількістю поїздів на розрахунковій зоні – (-0,8562).

Отже найбільша кореляція між коефіцієнтом втрат і кількістю поїздів на розрахунковій зоні (-0,7942 для ділянки постійного струму, -0,8562 для ділянки змінного струму). Оскільки кореляція від’ємна, значить із збільшенням числа поїздів зменшується коефіцієнт втрат. Це підтверджується попередніми дослідженнями.

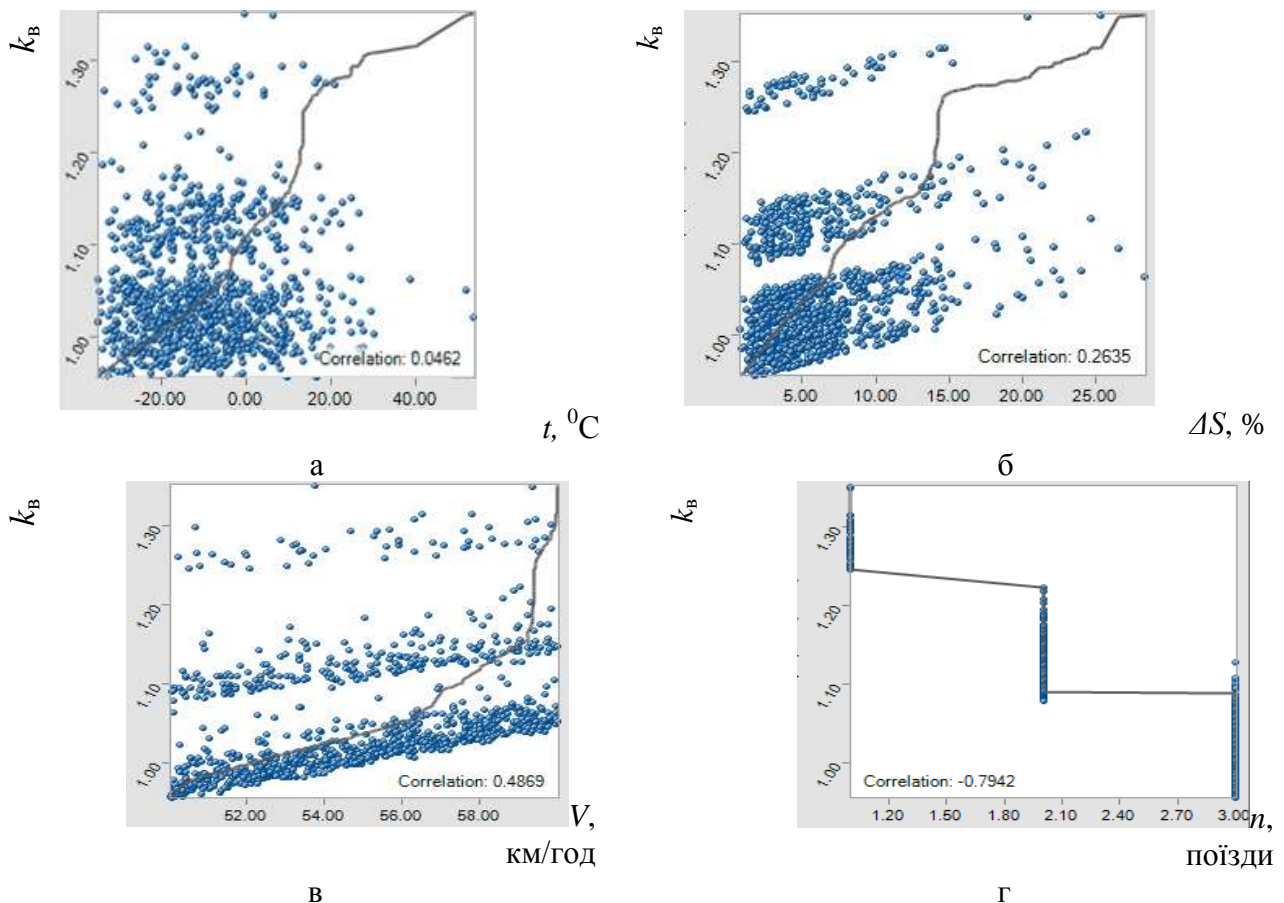
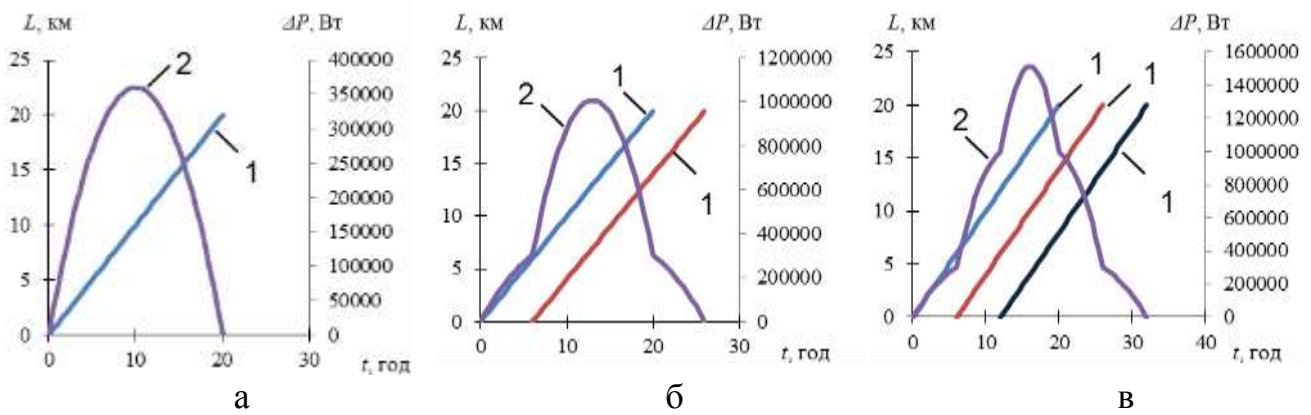


Рис. 3 – Кореляція коефіцієнта втрат для ділянки постійного струму: а – температура навколишнього середовища; б – зношування контактних проводів; в – швидкість руху ЕРС; г – кількість поїздів на міжпідстанційній зоні

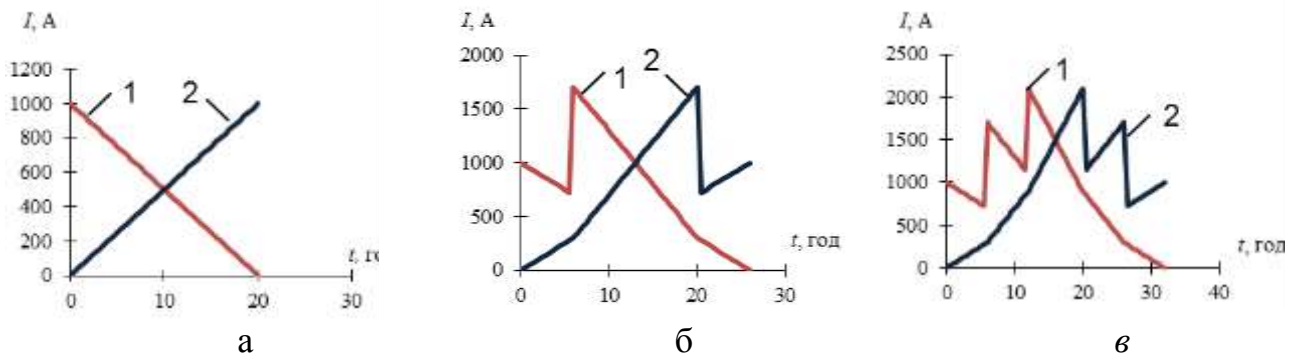
З огляду на вищесказане дослідимо вплив кількості поїздів на ділянці постійного струму (Ч-У Придніпровської залізниці) із двостороннім живленням на коефіцієнт втрат. Схема живлення – двостороння. На першому етапі побудуємо розподіли миттєвих втрат потужності в контактній мережі при різній кількості поїздів (рис. 4).



1 – нитка графіка руху, 2 – загальні миттєві втрати в контактній мережі

Рис. 4 – Миттєві втрати потужності в контактній мережі: а – один поїзд; б – два поїзди; в – три поїзди

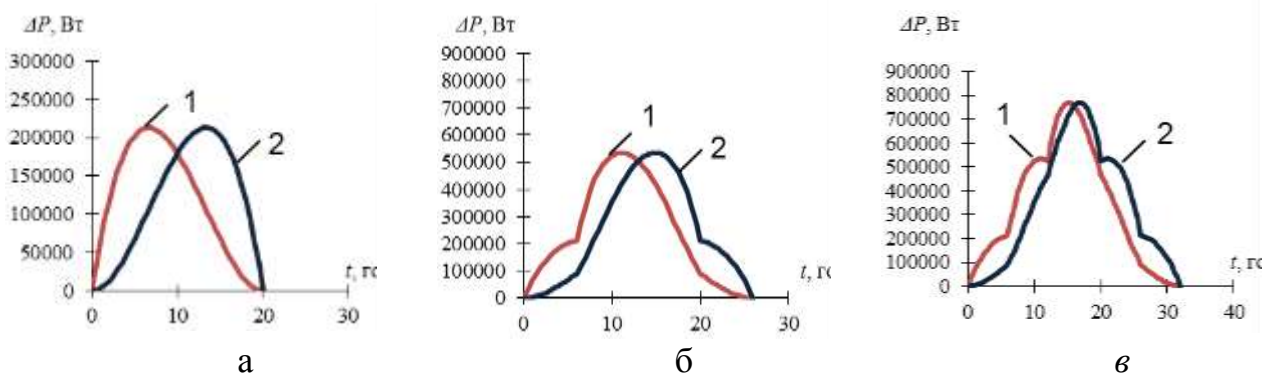
Оскільки для визначення коефіцієнта втрат необхідно знати струми фідерів, то на другому етапі побудуємо струми першого та другого фідера при одному, двох, та трьох поїздах на ділянці (рис. 5).



1 – струм першого фідера, 2 – струм другого фідера

Рис. 5 – Струми фідерів тягової підстанції: а – один поїзд; б – два поїзди; в – три поїзди

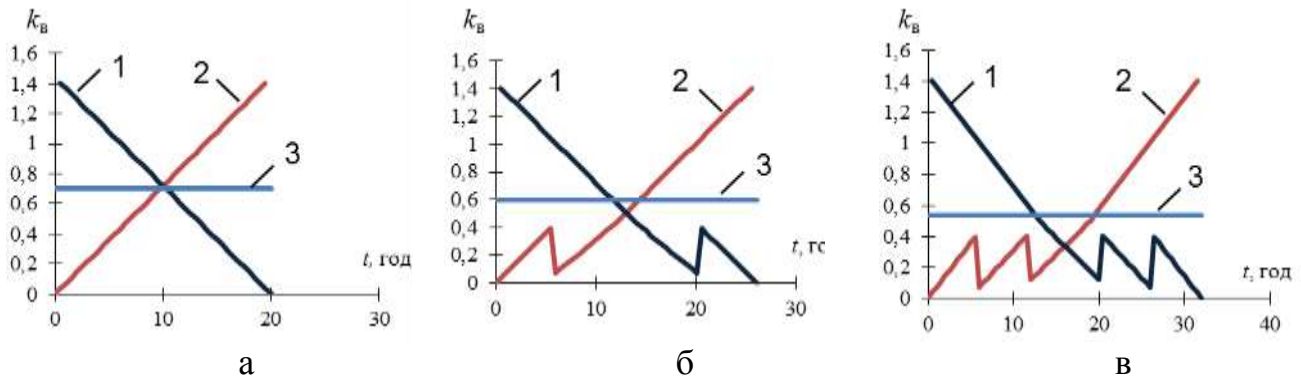
Оскільки лічильники втрат встановлюються на кожному фідері та потребують індивідуального налаштування, то необхідно знати яка частина втрат припадає на перший фідер, а яка на другий. На третьому етапі побудуємо миттєві втрати потужності окремо від кожного з фідерів (рис. 6).



1, 2 – втрати потужності від першого та другого фідерів

Рис. 6 – Втрати потужності в контактній мережі від першого та другого фідерів: а – один поїзд; б – два поїзди; в – три поїзди;

Поділивши рис. 6 на квадрат рис. 5 отримаємо миттєві та середні коефіцієнти втрат для різної кількості поїздів (рис. 7).



1, 2 – миттєві коефіцієнти втрат для першого та другого фідерів; 3 – середній коефіцієнт втрат

Рис. 7 – Миттєві коефіцієнти втрат для першого та другого фідерів та їх середнє значення: а – один поїзд; б – два поїзди; в – три поїзди

Середнє значення коефіцієнта втрат при одному поїзді на ділянці 0,7, при двох 0,6, при трьох 0,53.

На прикладі ділянки Ч-У Придніпровської залізниці розглянемо як в реальних умовах змінювався коефіцієнт втрат. На основі даних по розподілу кількості поїздів

на дослідній ділянці та отриманих коефіцієнтів втрат побудуємо залежність зміни коефіцієнта втрат у часі за тиждень (рис. 8).

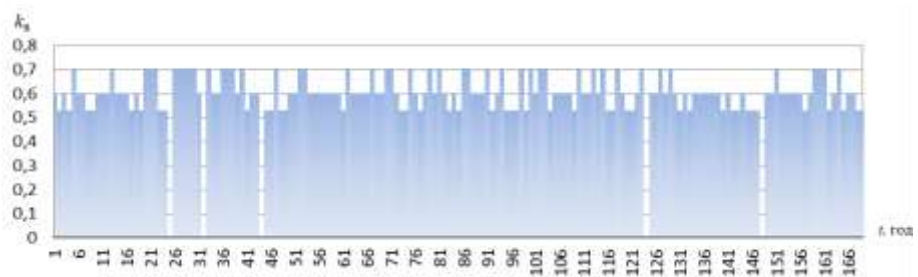


Рис. 8 – Зміна коефіцієнта втрат за тиждень на ділянці Ч -У Придніпровської залізниці

Аналогічні дослідження виконано для ділянки Одеської залізниці. Для надання рекомендацій щодо регламенту зміни коефіцієнта обчислено похибку від усереднення коефіцієнтів втрат за дві, три, чотири години і т. д. до 168 год. (рис. 9). Всі розрахунки проводились в середовищі Mathcad.

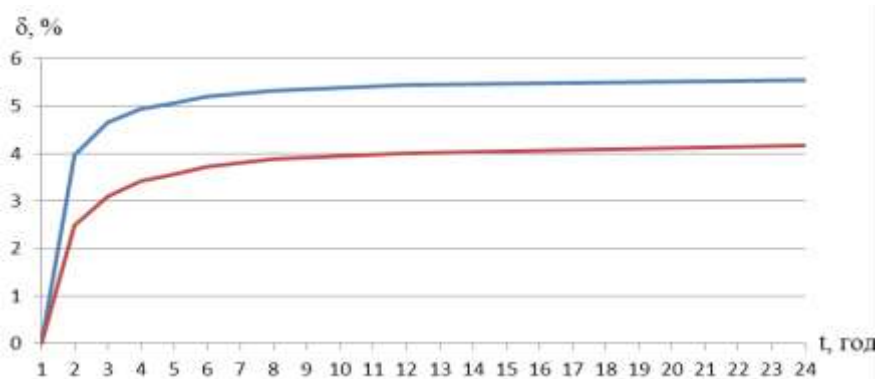


Рис. 9 – Похибка визначення втрат електроенергії в залежності від періодичності зміни k_B за добу

Дослідження показали, що із плином часу похибка змінюється незначно: через тиждень вона встановлюється на рівні 5,8 % для змінного струму та 4,3 % для постійного струму і надалі зростає на соті частки відсотка.

Регламент зміни коефіцієнта втрат залежить від необхідної точності. Для ділянки змінного струму якщо необхідно щоб похибка не перевищувала 5 %, то

коефіцієнт втрат потрібно змінювати кожні 4 години (рис. 9). Якщо ж достатня точність із похибкою 6 %, то лічильник можна не переналаштовувати. Що ж стосується ділянки постійного струму, то за тиждень похибка не перевищує 4,3 % і надалі змінюється дуже не значно, отже лічильник можна не переналаштовувати. Достатньо введення середнього значення коефіцієнта втрат для представленої ділянки.

Висновки.

1. Дослідження імовірнісного характеру коефіцієнта втрат електроенергії на основі методу Монте-Карло показало, що коефіцієнт втрат для дослідних ділянок змінного та постійного струмів підпорядковується логнормальному розподілу. Середнє значення коефіцієнта втрат для ділянки постійного струму складає 1,03, а для ділянки змінного – 7,04. Найбільший вплив на коефіцієнт втрат має кількість поїздів на міжпідстанційній зоні (для постійного струму коефіцієнт кореляції - 0,7942, а для змінного -0,8562).

2. Сформовано наукові рекомендації щодо регламенту зміни коефіцієнта втрат. Встановлено, що для забезпечення похибки не більше 5 % для ділянки Одеської залізниці (змінного струму) необхідно змінювати коефіцієнт втрат кожні 4 години, а для ділянки Придніпровської залізниці (постійного струму) лічильник втрат можна не переналаштовувати.

Список літератури: **1.** *Быкадоров А. Л.* Учёт потерь электроэнергии на электрифицированных участках переменного тока / *А. Л. Быкадоров* // Железнодорожный транспорт. – 1980. – № 4. – С. 57-59. **2.** *Доманский В. Т.* Экспериментальное определение потерь энергии в электротяговых сетях постоянного тока / *В. Т. Доманский, В. Ф. Блохин, Г. А. Доманская* // Весник ВНИИЖТа. – 1990. – № 5. – С. 29-32. **3.** *Марквардт К. Г.* Косвенные способы определения потерь электрической энергии в тяговой сети / *К. Г. Марквардт, А. Н. Кувичинский, Е. Н. Давыдов* // Труды МИИТа. – 1969. – Вып. 302. – С. 102-108. **4.** *Быкадоров А. Л.* Исследование коэффициента настройки счётчиков потерь энергии на имитационной модели / *А. Л. Быкадоров, В. Т. Доманский, В. М. Ляшук* // Сборник научных трудов ВЗИИТ. – 1984. – Вып. 121. – С. 62-68. **5.** *Кузнецов В. Г.* Облік втрат електричної енергії в тяговій мережі непрямим способом / *В. Г. Кузнецов, Д. О. Босий, Т. І. Кирилюк* // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – № 42. – С. 103-109. **6.** *Босий Д. О.* Удосконалення непрямого методу обліку втрат електричної енергії в контактній мережі / *Д. О. Босий, Т. І. Кирилюк* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 5/8 (59). – С. 35-39. **7.** *Кирилюк Т. І.* Удосконалення методу контролю втрат електроенергії в контактній мережі електрифікованих залізниць: Дис. канд. техн. наук: 05.22.09. – Д., 2013. – 145 с.

Надійшла до редколегії 11.09.2013

УДК 621.331

Визначення регламенту зміни коефіцієнта втрат/ Кузнецов В. Г., Босий Д. О., Кирилюк Т. І. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. – № 56 (1029). – С193-198. – Бібліогр.: 7назв.

На основе метода Монте-Карло, установлен закон распределения коэффициента потерь. Определены степени влияния каждого из факторов на потери электроэнергии в контактной сети. Даны рекомендации по периодичности изменения коэффициента потерь.

Ключевые слова: потери электроэнергии, счетчик потерь, коэффициент потерь, метод Монте-Карло, коэффициент корреляции, регламент изменения, настройки счетчика.

The author established a distribution law of energy losses coefficient and provided recommendations for its regulations. It's obtained a regression for determining the energy losses for railway sections of determinate and alternating currents that can improve the accuracy of the losses definition.

Keywords: energy losses, meter of losses energy losses coefficient, the Monte Carlo method, the correlation coefficient, the rules change, meter settings.

С. В. ЕРШОВ, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр., Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины, Харьков;

Ю. А. БЫКОВ, канд. техн. наук, ведущий инженер, Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины, Харьков;

Я. И. СМУЛЬСКИЙ, ведущий инженер, Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация;

К. А. ШАРОВ, канд. техн. наук, стар. науч. сотр., . Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация;

В. И. ТЕРЕХОВ, д-р техн. наук, зав. лаб., Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЗА ОБРАТНЫМ УСТУПОМ ПРИ НАЛИЧИИ ПАССИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Приведены результаты экспериментального и численного исследования течения в канале с обратным уступом при наличии минитурбулизатора. Показано, что наличие препятствия перед уступом вызывает деформацию профилей скорости и турбулентных пульсаций, а также к значительному изменению длины зоны отрыва за уступом. Продемонстрировано удовлетворительное согласование численных и экспериментальных данных при наличии и отсутствии препятствия.

Ключевые слова: пограничный слой, отрыв потока, ламинарно-турбулентный переход.

Введение. Совершенствование систем охлаждения, применяемых в энергетике, химической промышленности, электронике и т.п. требует использования современных средств улучшения теплообмена. Одним из хорошо зарекомендовавших себя методов повышения эффективности теплообменного и теплотехнического оборудования является интенсификация теплообмена в каналах. Наиболее простыми и тем привлекательными являются поверхностные интенсификаторы теплообмена в форме поперечных ребер, выступов и углублений, формирующие различного типа вихревые структуры в отрывном течении [1]. Такие элементы, имея существенно меньшие масштабы по сравнению с основным отрывным потоком, могут приводить к значительной перестройке течения. При этом основной трудностью использования пассивных элементов является необходимость точного прогнозирования сложного процесса интерференции отрывных потоков с различными масштабами. С другой стороны, интенсификация теплопереноса в высокотурбулентных отрывных зонах приводит к увеличению аэродинамических потерь в потоке.

Исследование классического обратного уступа имеет достаточно длинную историю. Некоторые особенности отрывных потоков за уступом, в том числе и в высокотурбулентных условиях, можно найти в работе [2].

Исследование же возможности пассивного воздействия на точку присоединения за обратным уступом не имеет такого широкого диапазона. В экспериментальной работе [3] делался акцент на воздействие неподвижного и пульсирующего ребра, расположенного на четырех калибрах (высот уступа) до обратного уступа, при числе

$Re_H = 10000$. При этом детальная структура потока и воздействие на нее пассивного ребра в работе не изучалась. В этой работе найдена эффективная высота ребра, при которой максимально понижалась длина рециркуляционной области за обратным уступом, причем сокращение отрывной области было значительным и достигало оно приблизительно 30%.

В расчетной работе [4] исследовалось обтекание уступа безградиентным потоком с числом $Re_H = 3000$, при этом отношения высоты ребра к высоте уступа и отношение расстояния между ребром и уступом к высоте уступа, имели значения, найденные в работе [3] и соответствующие наименьшей рециркуляционной области.

Задача численного моделирования течения за обратной ступенью является эталонным тестом для различных методов, тем не менее, использование различных моделей турбулентности могут давать различие в оценке длины зоны отрыва в 20-25% [5]. Наличие нескольких препятствий, вызывающих отрыв потока, существенно усложняет картину течения. Выполнение численного моделирования позволяет не только детально исследовать особенности течения, но и выявить закономерности влияния размеров препятствий на характеристики потока, в том числе, и коэффициенты теплообмена.

Экспериментальные исследования. Экспериментальное исследование аэродинамической структуры взаимодействия малых вихревых возмущений с отрывным потоком за прямым обратным уступом выполнено в Институте теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН (Новосибирск). Измерения выполнялись методом цифровой трассерной визуализации PIV. Экспериментальный стенд представлял собой рабочий канал прямоугольного сечения (рис. 1) размерами 21x150 мм. На расстоянии 0,6 м от входа канала находится обратный уступ высотой 9 мм. В качестве генератора вихревых возмущений служила поперечная квадратная призма с размерами 3x3 мм. В эксперименте расстояние от призмы до точки отрыва потока было

фиксированным $S = 40$ мм. Число Рейнольда, построенное по высоте уступа и максимальной скорости $U_c = 30$ м/с было равно $Re_H = 15000$. Средняя температура потока была $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Выход потока осуществлялся в атмосферу.

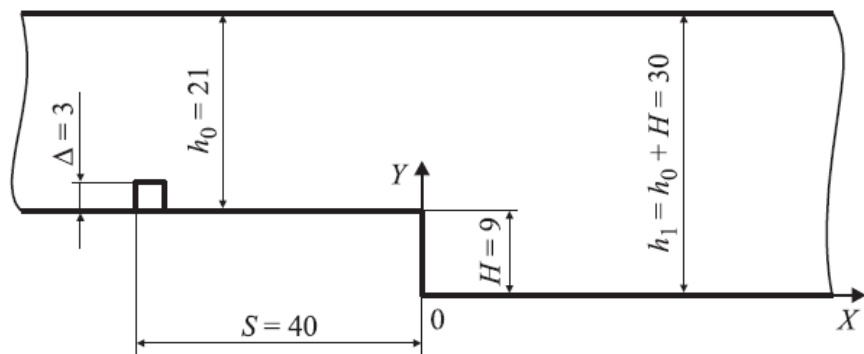


Рис. 1 - Схема рабочего участка канала (все размеры в мм)

Для измерения полей скоростей использовался метод цифровой трассерной визуализации PIV. Комплекс PIV оснащен двумя импульсными лазерами, которые синхронизованы с цифровой камерой для измерения двумерного поля скорости. В представленных экспериментах интервал времени между вспышками лазера был 20 мкс, а их длительность 5 нс. Комплекс снабжен компьютерным кодом, позволяющим определять как осредненные характеристики течения, так и статистические моменты второго и более высокого порядка. Для задымления воздушного потока использовался генератор трассеров с рабочей жидкостью Safex Fog Fluid Standard. Средний диаметр частиц трассеров ~ 1.0 мкм. С целью

увеличения пространственного разрешения вся измерительная область была поделена на участки. Размер участка составлял 30×40 мм. Для каждого участка было получено по 4000 парных мгновенных снимков. Расчетное поле снимка 1360×1025 пикселей делилось на ячейки размером 64×64 пикселей. Расчет полей скоростей проводился с использованием итеративного кросскорреляционного алгоритма с перекрытием 50% расчетных областей. Затем происходил отбор по отношению сигнал/шум и отбор по локальному среднему, в основе которого лежат соображения о локальной непрерывности поля скорости.

Численные исследования. Для численного моделирования трехмерного вязкого течения в канале использовался разработанный явный метод [7] интегрирования уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу-Фавру. Метод имеет второй порядок точности по пространственным координатам. Для замыкания использовалась оригинальная версия модели турбулентности SST Ментера [8]. Метод основан на модифицированном методе Годунова и использует многоблочные расчетные сетки H-типа. Расчетная область включала в себя часть канала, входная граница располагалась на расстоянии 50 мм от уступа, выходная – на расстоянии 120 мм от уступа, ширина канала составляла 20 мм с условием периодичности на вертикальных стенках. На входной границе задавались распределения скоростей и среднеквадратичных пульсаций скорости, полученные в результате эксперимента. Значения для параметра k модели турбулентности задавались из предположения $k = 1.5u'^2$, где u' – среднеквадратичная пульсация скорости. Расчетная сетка состояла из $84 \times 75 \times 5$ ячеек, значения u^+ для ячеек у стенки имели порядок около 1.

Результаты исследований. Для проверки возможностей методов было выполнено сравнение результатов для классического случая – течения в канале с обратным уступом без дополнительных преград. Результаты представлены на рис. 2 – распределение безразмерной продольной скорости, на рис. 3 – графики безразмерных среднеквадратичных пульсаций скорости. В целом показывая достаточное соответствие, наблюдается аналогичный эффект размывания турбулентного следа за кромкой уступа.

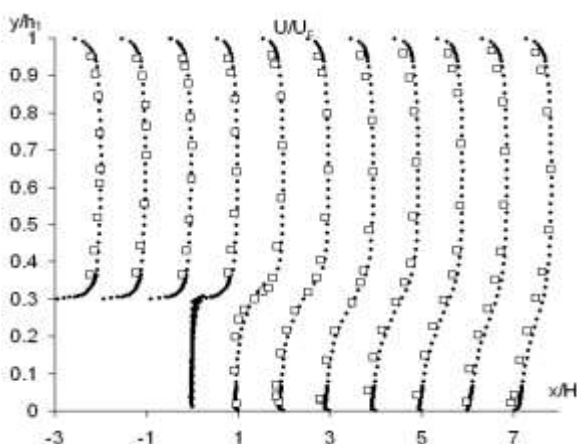


Рис. 2 - Распределение по высоте продольной скорости для канала без преграды; ●●● – расчет, □□□ – эксперимент

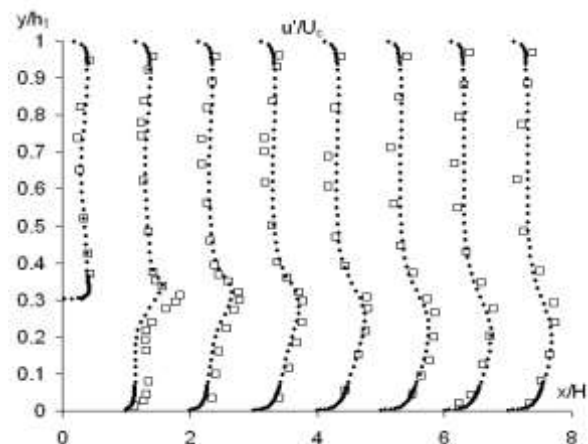


Рис. 3 - Распределение по высоте среднеквадратичной пульсации скорости для канала без преграды; ●●● – расчет, □□□ – эксперимент

В результате экспериментальных и численных исследований были получены распределения продольной скорости и среднеквадратичных пульсаций скорости по

высоте канала. Значения среднеквадратичных пульсаций скорости для численного моделирования получены из значений параметра k модели турбулентности. На рис. 4 представлены графики распределения безразмерной продольной скорости для канала с преградой, на рис. 5 – графики безразмерных среднеквадратичных пульсаций скорости.

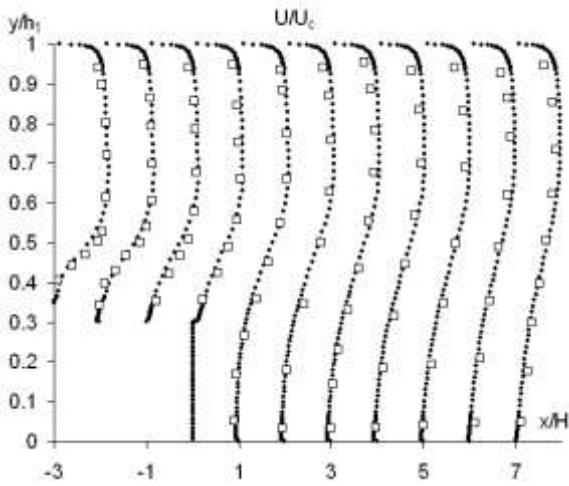


Рис. 4 - Распределение по высоте продольной скорости для канала с преградой; ●● – расчет, □□ – эксперимент

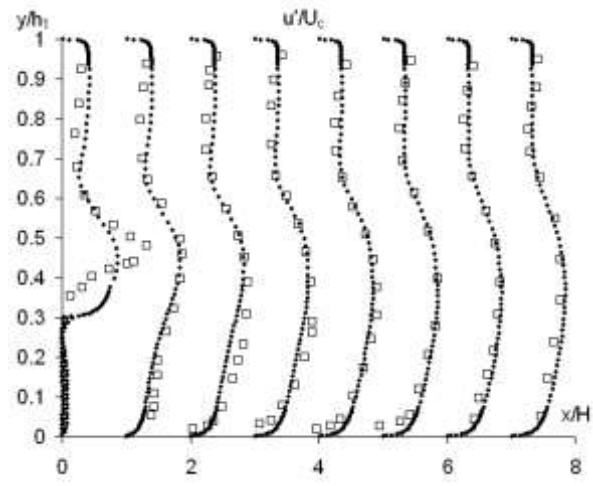


Рис. 5 - Распределение по высоте среднеквадратичной пульсации скорости для канала с преградой; ●● – расчет, □□ – эксперимент

В целом графики показывают достаточно удовлетворительное соответствие эксперимента и расчета, в большей степени – на выходе из канала. В области кромки уступа ($x/H = 0$) расчет дает заниженное значение турбулентных пульсаций, размывая турбулентный след от преграды, что вероятно связано с недостаточным сгущением расчетной сетки в этой области.

По результатам исследований видно, что наличие преграды вносит значительные изменения в профили скорости, вызывая также изменение длины зоны рециркуляции за уступом. Расчет дает величину отношения длин для канала с преградой и без нее в районе 0,81, что весьма близко к экспериментальному результату в 0,7, полученному в работе [7].

Выводы. Приведенные результаты исследований показывают, что наличие дополнительных преград перед уступом значительно влияют на величину турбулентных пульсаций в потоке, что, вероятнее всего, является причиной изменения величины зоны рециркуляции за уступом. Внесенные возмущения в поток позволяют интенсифицировать процессы теплообмена в рециркуляционной зоне. Дальнейшие исследования для преград различной формы, размера и расстояния до уступа позволят выявить важные закономерности, дающие возможность совершенствовать проточные части теплообменных устройств. Также в процессе исследований показаны возможности численного моделирования течений со сложной структурой взаимодействующих турбулентных отрывных течений.

Список литературы: 1. Попов И. А. Интенсификация теплообмена. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена [Текст] / И. А. Попов // КГТУ им. А.Н.

Туполева, Казань. – 2009. – 560 с. **2.** *Terekhov V. I.* Heat transfer in turbulent separated flows in the presence of high free-stream turbulence [Текст] / *V. I. Terekhov, N. I. Yarygina, R. F. Zhdanov* // *Int. J. Heat Mass Transfer.* – 2003. – Vol. 46, № 23. – P. 4535–551. **3.** *Miau J. J.* Control of Separated Flow by a Two-Dimensional Oscillating Fence / *J. J. Miao, K. C. Lee, M. H. Chen, J. H. Chou* // *AIAA J.* – 1991. – Vol. 29. – P. 1140-1148. **4.** *Neumann J.* DNS and LES of Passively Controlled Turbulent Backward-Facing Step Flow / *J. Neumann, H. Wengle* // *Flow, Turb. and Comb.* – 2008. – Vol. 71. – P. 297-310. **5.** *Kim J.-Y.* Comparison of near-wall treatment methods for high Reynolds number backward-facing step flow / *J.-Y. Kim, A. J. Ghajar, C. Tang, G. L. Foutch* // *Int. J. of Comp. Fluid Dynamics* – 2005. – Vol. 19, No. 7. – P. 493-500. **6.** Терехов В. И. Интеференция отрывных потоков за обратным уступом при наличии пассивного управления / *В. И. Терехов, Я. И. Смольский, К. А. Шаров* // ПЖТФ. – 2012. – т. 38, вып. 3. – С.46-53. **7.** Гнесин В. И. Численное исследование аэроупругих характеристик лопаточного венца турбомшины, работающей на нерасчетном режиме / *В. И. Гнесин, Ю. А. Быков* // Пробл. машиностроения. – 2004. – 7, №1. – С. 31-40. **8.** *Menter F. R.* Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications / *F. R. Menter* // *AIAA Journal.* – 1994. – 32, № 8. – P. 1598-1605.

Поступила в редколлегию 18.09.2013

УДК 621.165

Расчетно-экспериментальное исследование течения за обратным уступом при наличии пассивного управления / Ершов С. В., Быков Ю. А., Смольский Я. И., Шаров К. А., Терехов В. И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. – № 56 (1029). – С.199-203. – Бібліогр.: 8назв.

Наведено результати експериментального та чисельного дослідження течії в каналі з зворотним уступом при наявності мінітурбулізатора. Показано, що наявність перешкоди перед уступом спричиняє деформацію профілів швидкості та турбулентних пульсацій, а також до значної зміни довжини зони відриву за уступом. Продемонстровано достатнє погодження чисельних та експериментальних даних при наявності та відсутності перешкоди.

Ключові слова: примежовий шар, відрив потоку, ламінарно-турбулентний перехід.

Experimental and numerical investigation results of backward-facing step flow with turbulator are presented. The presence of obstacle before step deforms velocity and turbulent pulsation profiles, and causes significant change of separation bubble length. Satisfactory fit of experimental and numerical results in presence and absence of the obstacle is shown.

Keywords: boundary layer, flow separation, laminar-turbulent transition.

УДК 548.31

С. Р. АРТЕМЬЕВ, канд. техн. наук, доц., Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В материале статьи в рамках продолжения литературного обзора рассмотрены основные направления применения нитевидных кристаллов в современном производстве, показана актуальность дальнейшего проведения научных исследований в вопросах дальнейшего расширения спектра использования нитевидных кристаллов в различных отраслях промышленности

Ключевые слова: нитевидные кристаллы, производство, спектр расширения, направления использования

Введение. Развитие техники современного производства предъявляет повышенные требования при изготовлении электроизоляционных материалов и изделий из них, работающих при высоких температурах, в химически агрессивных средах.

Новые неорганические волокна – тугоплавкие монокристаллы на основе оксидов, нитридов и карбидов металлов, называются нитевидными кристаллами. Второе название кристаллов – усы, или вискеры, от английского слова «whisker» – волос. На их основе в современном производстве успешно получают композиционные материалы.

В бывшем СССР проблема использования нитевидных кристаллов на производстве начала решаться еще в 50-х годах прошлого столетия. Именно поэтому особый интерес к вискерам приходится на указанный период. В то время на производстве было получено и исследовано более 35 элементов и более 80 соединений нитевидных кристаллов [1].

По размерам вискеры вполне сопоставимы с наночастицами – диаметр некоторых из них не превышает 100 нм. При этом нитевидные кристаллы делят на две основные группы: кристаллы естественного и кристаллы искусственного происхождения. Усы первой группы формируются на земле уже много тысячелетий, упоминания о вторых в научной литературе начинаются с 16 века [2].

Следует отметить тот факт, что вискеры многих тугоплавких соединений (карбида кремния, окиси алюминия, нитрида кремния и др.) выпускаются сегодня в промышленных масштабах. Также сегодня достаточно известны самородные волокнистые нитевидных кристаллов Au, Ag, Cu, Sn, Pb, S, различных окислов и силикатов. Нити, например, самородного серебра достигают длины в 0,5 м. Часто природные нитевидные кристаллы встречаются и в виде включений внутри других минералов (например, иглы рутила в природных кристаллах рубина, кварца). Французский спелеолог Де Кастере, например, в [3] описывал тончайшие нити карбоната кальция и гипса, свисавшие с потолка и стен и обладавшие такой гибкостью, что их можно было обертывать вокруг пальца и даже завязывать в узел.

Следует отметить, что в последние годы достаточно успешно в различных странах проводятся работы по созданию композиционных материалов с особыми

свойствами на основе именно нитевидных кристаллов, что требует, в свою очередь, разработки новых и новых технологических методов получения высокопрочных нитевидных кристаллов в достаточно больших количествах.

Неоспорим тот факт, что сегодня нитевидные кристаллы находят широкий спектр как практических, так и научных применений. В ряде научных исследований они практически незаменимы, но на производстве их широкое применение пока достаточно проблематично.

Анализ исследований и публикаций. В материале данной статьи, на основании проведенного литературного обзора [1-18], показаны основные направления использования нитевидных кристаллов на производстве в различных практических спектрах применения, особое внимание при этом уделено использованию нитевидных кристаллов как композиционного материала.

В частности, проведенный обзор показал, что в развитии решения проблемы прочности композиционных материалов большое значение имели работы А.В. Степанова, который еще в 50-х годах прошлого столетия разработал физическую теорию разрушения периодически неоднородных анизотропных сред. При этом композиционные материалы на основе металлических и керамических волокон помимо высокой удельной прочности имеют еще и большое сопротивление распространению трещин, высокую химическую стойкость. Поэтому в современном производстве спектр применения таких композиционных материалов постоянно растет [4].

Действительно наиболее важное свойство нитевидных кристаллов – уникально высокая прочность, в несколько раз превосходящая прочность массивных моно- и поликристаллов. Высокая прочность усов объясняется совершенством их структуры и значительно меньшим, чем у массивных кристаллов, количеством объемных и поверхностных дефектов.

Формирование целей и задач. В материале данной статьи в рамках продолжения литературного обзора по проблеме исследования рассматриваются вопросы использования нитевидных кристаллов в современном производстве.

Литературный обзор. Достаточно важным направлением современной производственной и опытно-конструкторской деятельности, связанной с использованием вискерев, является разработка нового поколения тканевых электродных материалов для вторичных источников тока.

Их создание требует достижения определенной обменной емкости, высокой подвижности ионов, электронной проводимости, а также живучести, то есть долговечного использования в циклах «разрядка-зарядка». Выращенные минеральные нити имеют почти идеально подходящую структуру, а параметры их кристаллической решетки изменяются таким образом, что ее сжатие и растяжение происходит поперек, а не вдоль нитей, что позволяет избегать их растрескивания. Также помимо удивительных ионно-обменных свойств, вискерам присуща уникальная гибкость.

Волокна вискерев после обработки кислотой и перевода в так называемую «Н-форму» становятся активным сорбентом тяжелых металлов, поскольку структурно способны легко обменивать протоны на катионы с большим радиусом, без затруднений располагающихся в каналах кристаллической структуры, поэтому могут использоваться при утилизации, техногенных и радиоактивных отходов. Одной из важнейших причин малой дефектности нитевидных кристаллов на

производстве являются их размеры, при которых вероятность присутствия дефекта в каждом из кристаллов невелика. В них, в отличие от поликристаллических волокон, не могут идти процессы рекристаллизации, обычно вызывающие резкое падение прочности при высоких температурах.

Производство ионных проводников, катодных материалов, твердофазных электролитов, катализаторов, а, возможно, и матриц для захоронения радиоактивных отходов, – вот лишь некоторые из возможных сфер применения нитевидных кристаллов этого типа. И возможности этих уникальных объектов, которые вот уже более полувека интенсивно изучаются в ведущих лабораториях мира, до конца конечно не исчерпаны.

С точки зрения, как фундаментальной науки, так и практики, вискеры в десятки и даже сотни раз прочнее обычных кристаллов, они обладают поразительной гибкостью, коррозионной стойкостью и кристаллографической анизотропией свойств. Получение «усов» сверхчистых металлов и алмаза, нитевидных кристаллов кремния или сверхпроводящих вискеро-в Bi_2 , Sr_2 , Ca , Cu_2O_8 стало классикой современной химии функциональных материалов.

Подобная необычная форма кристаллов интересна не только с точки зрения исследования механизма ее образования, но и из-за своих специфических физико-химических характеристик, что делает весьма актуальными любые новые исследования в этой области.

Представляя собой одномерную кристаллическую систему, вискеры в современном производстве находят достаточно широкий диапазон применений – от упрочняющих волокон до устройств наноэлектроники. Но, несмотря на то, что нитевидные кристаллы известны более полувека, вискеры технически используются достаточно односторонне – в основном, как армирующие волокна [5].

Еще в 1958 году работы в направлении создания материалов, армированных именно нитевидными кристаллами, успешно проводились американскими и английскими фирмами. Именно тогда в [6-7] были отображены предварительные расчеты свойств гипотетических композиций, которые создавались на основе именно нитевидных кристаллов.

Как показано в [8-13] уже 40-50 лет назад нитевидные кристаллы успешно использовались на производстве как наполнитель в пластиковых, металлических и керамических матрицах. Подавляющее большинство из них в современных условиях успешно применяются для создания конструкционных композитных материалов с улучшенными механическими свойствами (углеродные волокна, SiC , Al_2O_3), при этом объемы производства достигают значительных величин.

В последние 20-30 лет успешно развивается направление, связанное с практическим использованием классических кремниевых вискеро-в в качестве острий для атомно-силовой, магнито-силовой микроскопии.

Именно сейчас на производстве достаточно актуальным направлением есть создание одно и двухкомпонентных вискеро-в с полупроводниковыми свойствами (GaN , ZnO , $InSb$). Несомненная перспективность этого направления связана с развитием химии и физики наносистем, поскольку упорядоченный ансамбль таких нановискеро-в может рассматриваться в качестве системы с уникальными оптическими свойствами, в которых проявляются квантовые эффекты («квантовые точки», «квантовые нити», в ряде случаев такие системы рассматриваются в контексте дизайна «фотонных кристаллов»).

В тоже время до недавних пор практически не существовало воспроизводимых и относительно дешевых способов получения вискеро́в с желаемыми функциональными характеристиками – нелинейными магнитными и (или) электрическими свойствами, а также суперионной проводимостью, что, явилось бы чрезвычайно важным шагом в области создания принципиально новых типов кристаллических материалов.

В большинстве случаев это связано с тем, что на данный момент практически не существует универсальной, качественной методики выращивания «усов» химически сложного состава.

Прогресс в производстве микроэлектроники, в медицине, экологии во многом определяется уровнем разработок в области суперионных проводников. Вискеры, при наличии у них особой кристаллической структуры, обуславливающей смешанную электронно-ионную проводимость, могут быть использованы для создания электродных и мембранных материалов нового поколения в силу уникального сочетания выдающихся механических свойств и суперионной проводимости.

К достоинствам потенциальных электродов из нитевидных кристаллов относятся также возможность легкого придания им желаемой формы и дешевизна. В целом, совокупности указанных требований удовлетворяют гибкие тканевые электроды, полученные из неорганических волокон с туннельной или слоистой структурой, состоящие из элементов, легко изменяющих свою степень окисления (в частности, оксидов d-элементов).

Развитие современного производства показало, что нитевидные кристаллы являются уникальнейшим материалом для изготовления тензодатчиков и достаточно конкретные данные по этому направлению показаны в работах [14-17].

В достаточно популярном научном издании [18] описано успешное использование магнитных вискеро́в в магнитных пленках, дисках. Здесь же показано успешное использование металлических усов в процессе армирования сварных швов, электрических контактов, во время производства бесконтактных ключей, безщеточных двигателей постоянного тока, инфракрасных поляризаторов, термических проводников и их использование в контактных схемах для получения изображения.

Выводы. Таким образом, в рамках литературного обзора в статье было положено начало рассмотрения вопросов актуальности применения нитевидных кристаллов на производстве.

В настоящее время в рамках продолжения литературного обзора мною проводится поиск патентной информации по ряду стран, в котором рассмотрены условия выращивания различных неорганических нитевидных кристаллов, анализируются преимущества и недостатки различных способов синтеза нитевидных кристаллов, систематизируется анализ данных относительно вопросов применения вискеро́в в различных отраслях промышленности и в оборонном комплексе.

Список литературы: 1. *Бережкова, Г.В.* Нитевидные кристаллы [Текст] / *Г. В. Бережкова.* – М.: Госиздат, 1969. – 158 с. 2. *Erker, L.* Treatise on Ores and Assaying [Текст] / *L. Erker.* – 1974. – 162 p. 3. *Де Кастере.* Десять лет под землей [Текст] / *Де Кастере.* – М.: Госгеографиздат, 1956. – 122 с. 4. *Keller, E.* – *Industr. And Engng. Chem.* [Текст] / *E. Keller.* – 1964. – №56. – P.9. 5. *Hoffmann, G.A.* – J.

Metals [Текст] / G.A. Hoffmann. – 1958. – №10. – P.591. **6.** Hoffmann, G.A. – Astronautics [Текст] / G.A. Hoffmann. – 1958. – №3. – P. 31. **7.** Hoffmann, G.A. – Neu Sci. [Текст] / G.A. Hoffmann. – 1961. – №9. – P. 40. **8.** Levett, A.P. – Mater. Res. and Standarts [Текст] / A.P. Levett. – 1966. – №6. – P.64. **9.** McCreight, L.R. – Ceramic and Graphite Fibers and Whiskers [Текст]: / L.R. McCreight, H.W. Rauch, W.H. Sutton. – N.Y. – London, Acad. Press, 1965. – 244 p. **10.** Brenner, S.S. – J. Metals [Текст] / S.S. Brenner. – 1962. – №14. – P. 809. **11.** Cratchhley, D. – Met. Rev. [Текст] / D. Cratchhley. – 1965. – №10. – P.79. **12.** Accountius, O.F. – Machine Design. [Текст] / O.F. Accountius. – 1963. – №35. – P.195. **13.** Parratt, N.J. – Powed. Met. [Текст] / N.J. Parratt. – 1964. – №7. – P.152. **14.** Сандулова, А.В. Физика твердого тела [Текст] / А.В. Сандулова, И.И. Марьямова, Ю.И. Загоняч. – Журнал физики. – 1965. – №7. – С. 1581. **15.** Mach. Design. [Текст] / 1960. – №32. – P.27. **16.** Mach. Design. [Текст] / 1960. – №32. – P.19. **17.** Electronics [Текст] / 1961. – №34. – P.68. **18.** Сыркин, В.Г. Материалы будущего: О нитевидных кристаллах металлов [Текст] / В.Г. Сыркин. – М.: Наука, 1990.– 192 с.

Поступила в редколлегию 16.09.2013

УДК 548.31

Об актуальности применения нитевидных кристаллов в современном производстве / Артемьев С. Р. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.204-208. – Бібліогр.: 18 назв.

В матеріалі статті в межах продовження літературного огляду за проблемою дослідження розглянуто основні напрямки застосування ниткоподібних кристалів у сучасному виробництві, наголошено на актуальність подальшого проведення досліджень в питаннях розширення спектру використання даного типу кристалів у різних галузях промисловості

Ключові слова: ниткоподібні кристали, виробництво, спектр розширення, напрямки використання

In the material of the article in the framework of the continuation of the literature review discussed the basic directions of application of whiskers in the modern production, the urgency of further scientific research in the field of further expansion of spectrum use of thread-like crystals in various industries

Keywords: filamentary crystals, production, range extension, the use of

УДК 681.5:519.24

Д. А. ДЕМІН, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВЫДАЧИ РАСПЛАВА НА ПЛАВИЛЬНО-ЗАЛИВОЧНОМ УЧАСТКЕ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

В статье описана схема управления процессом выдачи расплава из электропечи на литейный конвейер, характерной особенностью которой является использование в системе «печь – литейный конвейер» двухпозиционного заливочного автомата и весодозирующего устройства, обеспечивающего выдачу расплава порциями в соответствии с оптимальной технологической схемой плавки. Показано, что применение описанной схемы управления обеспечивает выполнение компромиссного критерия оптимизации, учитывающего как требования по минимизации энергозатрат, так и требования по минимизации простоя конвейера.

Ключевые слова: система управления, математическая модель, технологическая схема

Введение. Синтез системы управления процессом электроплавки на этапе термовременной обработки расплава должен предполагать реализацию таких процедур, применение которых даёт возможность построения оптимального управления. Такое управление, в числе прочего, должно обеспечивать минимизацию функционала, описывающего суммарные затраты, связанные с перерасходом технологической электроэнергии по причине выдержки в печи-миксере «лишнего»

© Д. А. ДЕМІН, 2013

расплава и простоями литейного конвейера по причине отсутствия металла в момент генерации на него заявки со стороны литейного конвейера. Такая постановка задачи предполагает, что между электропечью и заливочным участком конвейера должна находиться заливочная установка, управление которой должно рассматриваться с позиции интегрированного управления работой всего плавно-заливочного комплекса. Особо необходимо отметить, что управление процессом выдачи расплава при генерации заявки должно осуществляться в соответствии с оптимальной технологической схемой плавки. Ключевая роль в этом отводится весодозирующему устройству как элементу системы управления. Поэтому актуальным для практического применения является обоснование выбора схемы управления весодозирующим устройством, рассматривая последнее не просто как часть плавно-заливочного комплекса, но и как элемент организационно-технической системы «Литейный цех».

Анализ литературных данных. Многие исследователи пытаются решать вопросы управления электроплавкой с позиций рассмотрения электропечей как сложных электротехнологических комплексов, «увязанных» энергетическими и технологическими процессами с другими агрегатами. Ряд моделей, применяемых для управления такими объектами, приведен в работе [1]. Характерными особенностями таких моделей является отражение в их структуре принципов построения, базирующихся на основе подхода к построению ряда частных моделей и выявления основных взаимосвязей между ними вместо построения общей модели. Такой подход авторы обосновывают тем, что любая модель является односторонней, а в сложном процессе всестороннее моделирование достигается построением множества односторонних, но взаимосвязанных моделей, т.е. оправдан метод построения именно системы моделей. При этом обобщенная модель отображает взаимосвязи, процессы, характеристики и параметры энергоэкономического и управленческого характера и представляется в виде условного отображения

$$\vec{F}: \vec{X} \Rightarrow \vec{Y} \mid Q, B, S, T, \quad (1)$$

где \vec{X} - вектор входов,

\vec{Y} - пространство выходов,

Q – пространство ограничений на процессы машинного исследования,

B - ограничения на объект проектирования по влаго-, химо-, термостойкости, вибростойкости, чувствительности систем измерительной техники, эксплуатационной надежности, энергоемкости,

S – пространство реакции процесса проектирования на воздействия окружающей среды,

T – время,

\vec{F} - условный оператор.

Таким образом, авторами [1] разработка модели объекта управления рассматривается как многоэтапный условно-экстремальный целенаправленный процесс, который может быть сформулирован как задача оптимизации функционала вида (2) при выполнении множества условий

$$\text{opt } F(X, Y, Z, Q, B, S, T). \quad (2)$$

Для предотвращения возникающих системологических трудностей [2, 3], возникающих на этапе моделирования, авторы предлагают подход, основанный на рассмотрении модели электротехнологического комплекса как «черного ящика» [4,

5], а также методологию решения частных задач моделирования и конструирования схмотехнических решений. При этом рекомендуется использование следующих основных принципов [6, 7]: развиваемости - система моделирования должна пополняться новыми математическими методами, расширяться в методологическом и функциональном плане без значительных затрат на модернизацию; инвариантности - модель должна иметь специальное математическое, информационное и методологическое обеспечение, инвариантное относительно конкретного технического обеспечения; модульности - модель организуется по иерархическому принципу, допускающему подключение новых модулей различного уровня.

Для реализации этих принципов авторами [1] предложено использовать следующие подходы: метод планирования эксперимента; байесовый; моделирование как процесс функционирования эргатического интеллекта; игровой; с использованием общей теории систем; применение теории автоматов.

Авторами работы [8] отмечается, что целью управления процессом электроплавки, наряду с получением металла заданного качества, с энергетической точки зрения, является высокая энергоэффективность всех основных и вспомогательных технологических процессов. Это связано с тем, что электрофизические, физико-химические, теплоэнергетические процессы в плавильном пространстве печи главным образом зависят от динамики работы электропечного агрегата, в особенности от $\cos\varphi$ «короткой сети», который у электропечных агрегатов очень низкий. Среди основных факторов, влияющих на эксплуатационный $\cos\varphi$, авторы [8] выделяют: электрическую мощность, напряжение питающего тока (длина дуги), состав шихты, количество и состав присадок, карбюризаторов, расход кислорода, электромагнитное перемешивание ванны расплава, раскислители. Поэтому модель для управления процессами плавки должна описывать динамику функционирования короткой сети, т.е. включать в себя параметры, отражающие теплоэнергетические процессы преобразования энергетических потоков в технологическую теплоту плавления при учете электроэнергии и «садки».

С использованием описанных подходов к получению моделей управления авторами работы [9] получена динамическая модель энергоинформационных потоков электротеплового и электротехнического режимов электродуговых печей постоянного и переменного тока. Такая модель учитывает в своей структуре энергоинформационные связи между технологическим обеспечением ($S1$ -связи) и технологическими процессами ($S2$ -связи). Оценка $S1$ -связей определяет степень влияния стратегии и направления развития электрометаллургии, а $S2$ -связей – значимость их реализации. Между ними могут существовать и $S3$ -связи, как связи интеграции, аккумулирующей в себе эффективность отрасли в целом. Как отмечают авторы [9], указанные связи осуществляются при последовательной проверке критериев допустимости (КД), т.е. требований, которым должен удовлетворять коэффициент (параметр, фактор) эффективности. Причем КД, определяющие структуризацию, должны обладать алгоритмами простого (линеаризованного) изменения численных характеристик встречных энергопотоков, которые могут быть использованы при описании квазисимметричных, а, в некоторой степени явно несимметричных, связей по одному энергоносителю (продукту). В работе [10] отмечается, что актуальным для управления электродуговой плавкой является

автоматическое регулирование параметров электрической дуги, основным параметром которой может быть названа ее мощность, непосредственно влияющая на интенсивность нагрева жидкого металла. В связи с этим необходимо располагать математической моделью, которая дает возможность идентифицировать напряжение и мощность на дуге для оптимизации процесса плавки металла по расходу электроэнергии. Такая необходимость продиктована существующей трудностью, связанной с измерением и эксплуатационным контролем напряжения дуги по ходу плавки [11]. Авторами данной работы отмечено, что для мощных электродуговых печей действующее значение напряжения дуги практически постоянно при неизменной длине дуги, т.е. не зависит от действующего значения силы тока, а поэтому для описания дуги в ДСП может быть использовано дифференциальное уравнение, связывающее ток и падение напряжения на дуге [12, 15]:

$$T \frac{dg(t)}{dt} = \left[\frac{i^2(t)}{U_0^2} - g^2(t) \right] g(t)^{-1}, \quad (3)$$

где T — постоянная времени дуги;

$i(t)$, $g(t)$ — ток и проводимость дуги;

U_0 — действующее значение напряжения на дуге.

Передаточная функция дуги по мощности при этом имеет вид

$$W^{dyeu}(p) = \frac{\beta}{T_0 p + 1} = \frac{i}{T_0 p + 1}, \quad (4)$$

где β — относительное действующее напряжение на дуге, равное 0,4–0,6 в восстановительный период [13];

T_0 — постоянная времени дуги, при рафинировании составляет (3...8) мс [14].

Построенная авторами [13] модель представляет собой три последовательно соединенных блока: блок задания величин фазных напряжений и токов низкой стороны печного трансформатора; блок определения пиковых значений напряжений и токов на дугах, их перемножения и суммирования для определения величины суммарной мощности, подводимой к металлу от дуги; блок определения напряжения на дуге. Авторами работы [13] делается вывод о том, что полученная модель в силу возможности идентификации напряжения и мощности на дуге открывает возможность оптимизации процесса плавки по критерию минимума энергозатрат. А так как величина мощности дуги определяет интенсивность нагрева металла, то управление по этому параметру позволяет обеспечить требуемое качество сплава.

Приведенные выше результаты обзора исследований, посвященных моделированию управления электроплавкой, позволяют сделать вывод о том, что практически все они ориентированы на получение моделей, описывающих процесс энергетическими параметрами и при всей своей объективной эффективности с точки зрения управления электроплавкой, не в достаточной степени учитывают влияние технологических параметров электроплавки на качество получаемого продукта. Не учитывают они также того обстоятельства, что электропечь должна рассматриваться как элемент организационно-технической системы, в которую помимо самой печи включены ещё заливочная установка, литейный конвейер, машины для изготовления форм и, конечно же, обслуживающий персонал. Учет этих обстоятельств представляется весьма актуальным, так как может позволить разрабатывать комплекс мероприятий по модернизации существующих систем управления процессами плавки и выдачи расплава на конвейер, ведь согласованная работа

названных элементов плавильно-заливочных систем позволяет решать не только задачу снижения энергетических затрат, но и снижения длительности простоев оборудования.

Постановка задачи исследования. Рассматривая плавильно-заливочный комплекс в качестве элемента организационно-технической системы «Литейный цех», необходимо сформулировать задачи, подлежащие решению при поиске оптимального управления процессом выдачи расплава на заливочный участок литейного конвейера. Среди таких задач могут быть выделены:

- необходимость обеспечения высокого качества сплава,
- минимизация затрат на процесс плавки,
- необходимость перевода за минимальное время системы из начального состояния, описываемого параметрами качества сплава при генерации конвейером заявки, в заданное конечное, описываемое оптимальными значениями параметров качества сплава,
- необходимость реализации комбинированного управления – по пути и по времени – с учетом того, что электропечь должна рассматриваться как машина-автомат, интегрированная в формовочно-заливочную линию (конвейер, автоматическую линию).

Это означает, что процедура синтеза системы управления должна учитывать необходимость совмещения нескольких задач и вариантов управления:

- рассматривая электропечь как элемент организационно-технической системы «Литейный цех», управление которой должно обеспечивать выполнение требований, накладываемых оптимальной технологической схемой процесса, предполагается необходимость синтеза комбинированного управления – по пути и по времени;

- рассматривая электропечь как миксер – ёмкость-накопитель с переменными параметрами – химическим составом ванны, глубиной ванны, площадью реакционной поверхности и температурой расплава, – предполагается необходимость построения оптимального по быстродействию управления, обеспечивающего выполнение требований минимизации отклонения фактических показателей качества сплава от заданных на момент генерации заявки на расплав;

- рассматривая полученные в результате синтеза структурные элементы системы, предполагается возможность их программно-технической реализации и интеграции в существующие промышленные системы управления плавильно-заливочным оборудованием.

Иными словами, каждая из перечисленных задач и вариантов управления должны учитываться в общей процедуре синтеза системы управления. При этом необходимо предложить и обосновать вариант схемы управления процессом выдачи расплава на конвейер, который может быть положен в основу синтеза системы управления всем плавильно-заливочным комплексом.

Обоснование методов исследования. В качестве основного метода исследований, в контексте сформулированных задач управления, выбрана процедура логического синтеза, предполагающего возможность учета комбинированных вариантов управления в структуре общей блок-схемы системы управления. Рассматривая электропечь, функционирующую в качестве узла обслуживания системы массового обслуживания (СМО) «печь – литейный конвейер» [16], как подсистемы организационно-технической системы «Литейный

цех», необходимо начинать решение задачи синтеза с построения циклограммы работы электропечи, выбора основных исполнительных механизмов, входных и выходных переменных и формирования общей структуры блок-схемы системы управления. Такой подход позволяет интегрировать процесс управления весодозирующим устройством в систему управления всем плавильно-заливочным комплексом.

Обоснование структуры и описание работы схемы управления. Объект управления представляет собой плавильно-заливочную систему, центральной частью которой является электропечь-миксер (рис. 1). Плавильный участок I (рис. 1) может состоять собственно из электропечи как единого агрегата, в котором осуществляется и плавка, и термовременная обработка расплава – накопление расплава и выдержка при заданной температуре, стабилизация химического состава сплава, подогрев расплава; или первичного плавильного агрегата, в котором осуществляется расплавление шихты, и вторичного агрегата – электропечи-миксера, в которой осуществляется термовременная обработка.

Плавильно-заливочный участок II (рис. 1) включает в себя электропечь-миксер, двухпозиционный заливочный автомат и заливочный участок литейного конвейера. На рис. 1

стрелками показано направление движения конвейера с установленными на него собранными под заливку формами, и направление вращения стойки заливочного автомата с установленными на консолях ковшами, один из которых (находящийся справа) заполнен расплавом, а второй (находящийся слева) пустой и готовый под приём расплава из электропечи-миксера.

Принципиальная схема формирования циклограммы работы печи и управляющих воздействий в процессе плавки и работа исполнительных механизмов показаны на рис. 2, в котором приняты следующие обозначения: ИМ1 – исполнительный механизм переключения ступени напряжения трансформатора, ИМ2 - исполнительный механизм наклона печи, ИМ3 - исполнительный механизм перемещения электродов (если печь электродуговая), ИМ4 - исполнительный механизм открывания рабочего окна, ИМ5 - исполнительный механизм введения ферросплавов.

Задавая в начале процесса общую потребность в расплаве за смену, реализацией алгоритма, изложенного в работе [17], строится оптимальная технологическая схема плавки [18].

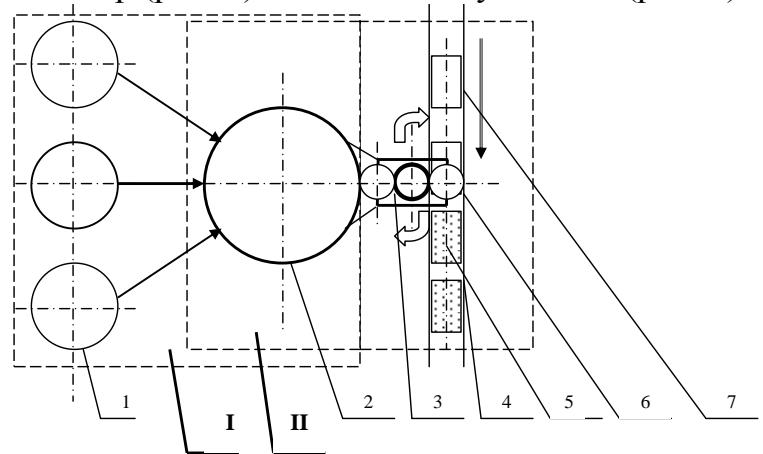


Рис. 1 – Объект управления – плавильно-заливочная система. I – плавильный участок, II – плавильно-заливочный участок. 1 – первичный плавильный агрегат (индукционная печь, электродуговая печь), 2 – электропечь-миксер, 3 – двухпозиционный заливочный автомат, 4 – литейный конвейер, 5 – залитая литейная форма, 6 – заливаемая литейная форма на позиции заливки, 7 – собранная под заливку форма

Одной из основных задач системы управления печью, работающей в составе литейного конвейера, в соответствии с построенной технологической схемой плавки, является контроль массы расплава, выдаваемой на конвейер. Данный контроль может осуществляться с помощью весодозирующего устройства, включенного в состав системы управления приводом наклона-реверса печи и имеющего типовую для заливочной автоматической установки структуру [19], которая может быть адаптирована к системе управления раздачей металла из электропечи.

Блок-схема весодозирующего устройства представлена на рис.3. Схема состоит из блока питания, трех силоизмерительных тензодатчиков, устройства автоматической установки системы «на нуль» (АУН) и весоизмерительного

устройства (ВП), которые через релейный блок управляет приводом печи. Тензодатчики выполнены в виде упругой балки с наклеенными на неё 4 полупроводниковыми тензоэлементами. Последние соединены по мостовой схеме, напряжение на которую подается от автономного источника питания.

Весодозирующее устройство работает следующим образом. Как только весоизмерительная платформа заливочного участка конвейера зафиксирует нагрузку от собранных форм с металлоёмкостью, равной массе Δm (рис.1), соответствующий сигнал управления подается на гидрораспределитель привода наклона печи. В соответствии с логическим условием, требующим отключения в этот момент времени печи, срабатывает регулятор переключения напряжения и печь отключается. Гидропривод механизма наклона печи выполняет операцию наклона и расплав начинает сливаться в ковш, установленный на весоизмерительной платформе заливочного автомата. При выдаче расплава из печи и заполнении ковша, расположенного на заливочной позиции автомата, датчики преобразуют массу расплава в электрический сигнал, регистрируемый устройством АУН. Вследствие того, что устройство АУН работает по компенсационной схеме, в момент, когда оно регистрирует новый вес, ток в цепи «датчики - АУН» будет равен нулю. При подключении в эту цепь последовательно АУН весоизмерительного прибора ВП и отключения двигателя реохорда прибора АУН шкала прибора ВП будет оставаться на нулевой отметке до тех пор, пока масса расплава в ковше не начнет увеличиваться, соответственно масса расплава в печи не начнет уменьшаться.

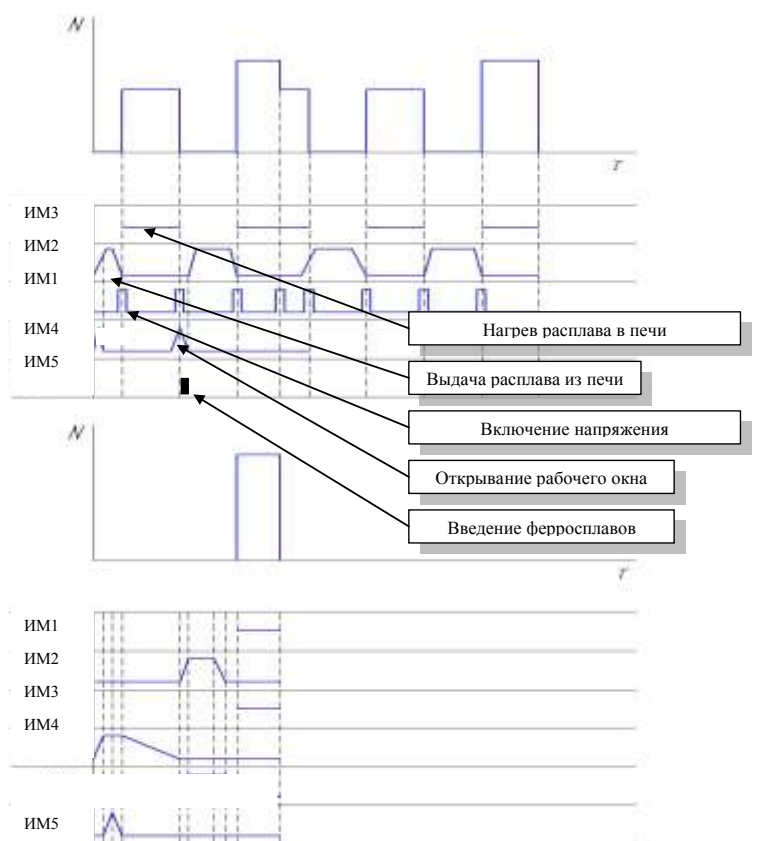


Рис.2 – Принципиальная схема формирования циклограммы работы печи и управляющих воздействий

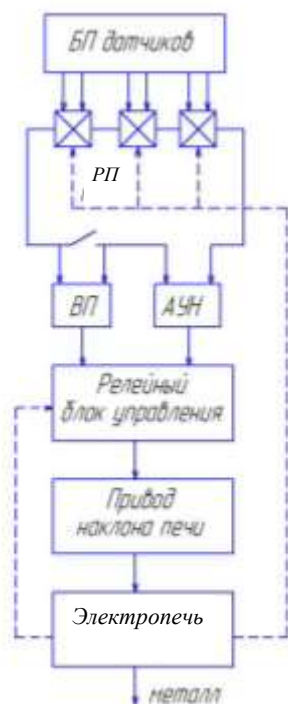


Рис.3 – Блок-схема весодозирующего устройства печи

Изменение массы расплава в печи при выливании её в ковш, находящейся на позиции заливки, регистрируется только прибором ВП, т.к. двигатель реохорда АУН в это время отключен. После выдачи определенной дозы расплава прибор ВП подает сигнал на прекращение заливки. Одновременно с этим замыкаются контакты реле РП, и устройство АУН снова выводит систему на нуль. Таким образом, при выливании из печи каждой очередной порции расплава измерительное устройство производит отсчет веса выливаемого из печи расплава от нуля.

Описанная система решает задачу управления процессом выдачи необходимой порции расплава из печи в соответствии с оптимальной технологической схемой термовременной обработки [16-18]. Условия работы весодозирующего устройства должны быть согласованы как с работой плавильной печи, рассматриваемой машиной-автоматом, так и с работой литейного конвейера. Причем это согласование предполагает возможность повышения качества сплава и минимальные энергетические затраты на процесс плавки, а также возможность перевода системы из начального состояния, в заданное состояние, при генерации

конвейером заявки на расплав в некоторый момент времени, причем в кратчайшие сроки [20-21].

Выводы. Предложенная схема управления позволяет решить ряд важных задач, связанных: с необходимостью обеспечения высокого качества сплава; с минимизацией затрат на процесс плавки; с необходимостью перевода за минимальное время системы из начального состояния, описываемого параметрами качества сплава при генерации конвейером заявки, в заданное конечное, описываемое оптимальными значениями параметров качества сплава; с необходимостью реализации комбинированного управления – по пути и по времени – с учетом того, что электропечь рассматривается как машина-автомат, интегрированная в формовочно-заливочную линию. Предложенная схема управления может быть учтена при реализации процедуры логического синтеза системы управления плавильно-заливочным комплексом.

Список литературы: 1. Труфанов И. Д. Общетеоретические аспекты разработки стохастической системы автоматизированной экспертной оценки динамического качества производственных ситуаций электросталеплавления [Текст] / И. Д. Труфанов, К. И. Чумаков, А. А. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий . – 2005. – №6/2(18). – с. 52 – 58. 2. Ивахненко А. Г. Предсказание случайных процессов [Текст] / А. Г. Ивахненко, В. Г. Лапа. - Киев: Наукова думка, 1971. - 400с. 3. Ивахненко А. Г. Самоорганизация прогнозирующих моделей [Текст] / А. Г. Ивахненко, И. А. Мюллер. - Киев: Техника, 1985.- 290с. 4. Задэ Л. Теория линейных систем [Текст] / Л. Задэ, Ч. Дезоэр. - М.: Наука, 1970. - 703с. 5. Рей У. Методы управления технологическими объектами [Текст] / У.Рей. - М.: Мир, 1983.- 368с. 6. Данциг Дж. Линейное программирование, его обобщение и применение [Текст] / Дж. Данциг. - М.: Прогресс, 1976.- 600с. 7. Федоренко Р. П. Приближенное решение задач оптимального управления [Текст] / Р.П. Федоренко. - М.: Наука, 1978.- 488с. 8. Труфанов И. Д. Математическое моделирование и опытно-экспериментальное исследование энергоэффективности электротехнологического комплекса мощной дуговой сталеплавильной печи [Текст] / И. Д. Труфанов, К. И. Чумаков, А. И. Лютый //

Восточно-Европейский журнал передовых технологий . – 2007. - №4/1(28). – с. 64 – 69. **9. Труфанов И. Д.** Научные основы разрешения инновационных проблем идентификации в системах автоматизации процессов электрометаллургии стали и сплавов [Текст] / И. Д. Труфанов, А. П. Лютый, К. И. Чумаков, И. А. Андрияс, Т. И. Казанская, В. В. Джиоев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий . – 2010. - №3/10(45). – с. 8 – 23. **10. Разживин А. В.** Информационное обеспечение системы автоматического управления дуговой сталеплавильной печью по температуре металла [Текст] / А. В. Разживин, И. М. Сагайда // Вісник СУДУ. — 2000. — № 3(25). — С. 215–220. **11. Разживин А. В.** Моделирование мощности и напряжения на электрической дуге [Текст] / А. В. Разживин, А. А. Сердюк // Наукові праці ДонНТУ. – 2003. - №64. **12. Игнатов И. И.** Расчет электрических параметров и режимов дуговых сталеплавильных печей [Текст] / И. И. Игнатов, А. В. Хаинсон. — Электричество, 1983. — №8. **13. Игнатов И. И.** Математическое моделирование электрических режимов дуговых сталеплавильных печей [Текст] / И. И. Игнатов, А. В. Хаинсон. — Электричество, 1985. — №8. **14. Гитгарц Д. А.** Автоматизация плавильных электропечей с применением микро-ЭВМ [Текст] / Д.А. Гитгарц. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 136 с., ил. — (Б-ка электротермиста; Вып. 73). **15. Long-term high-efficiency operation of Sakai No 2 blast furnace (third campaign) / Shibaïke Hidehari, Sasaki Shin // Nippon Techn. Rept. — 1998. — №43. P. 41-45. 16. Демин Д. А.** Методология формирования функционала для задачи оптимального управления электроплавкой / Демин Д. А. // Технологический аудит и резервы производства. – 2011. –№1. – С.15–24. **17. Демин Д. А.** Совершенствование процессов управления электроплавкой [Текст] / Д. А. Демин // Вісник національного технічного університету «ХПІ». — Харків: НТУ «ХПІ», 2010. — № 4. — С. 33—44. **18. Демин Д. А.** Оптимизация режима работы дуговой электропечи при плавке легированного чугуна / Д. А. Демин // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. - №6(12). – С. 43-46. **19. Беликов О. А.** Руководство к лабораторным работам по курсу «Автоматизация производственных процессов литья» / О. А. Беликов, А. П. Курпьянов. – М.: Москва, МВТУ им. Н.Э. Баумана. – 1973. – с. 5-11. **20. Demin, D. A.** Synthesis of optimal temperature regulator of electroarc holding furnace bath (2012) Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 6, pp. 52-58. **21. Демин Д. А.** Применение искусственной ортогонализации в поиске оптимального управления технологическими процессами в условиях неопределенности / Д. А. Демин // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. - №5/9(65). – С. 46-55

Поступила в редколлегию 16.09.2013

УДК 681.5:519.24

Управление процессом выдачи расплава на плавильно-заливочном участке литейного цеха/ Демин Д. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.208-216 . – Бібліогр.: 21 назв.

У статті описана схема управління процесом видачі розплаву з електропечі на ливарний конвеєр, характерною особливістю якої є використання в системі «під – ливарний конвеєр» двопозиційного заливального автомату та вісодозуючого пристрою, що забезпечує видачу розплаву порціями у відповідності до оптимальної технологічної схеми плавки. Показано, що використання схеми управління, що описана, забезпечує виконання компромісного критерію оптимізації, що враховує як вимоги по мінімізації енерговитрат, так і вимоги по мінімізації простою конвеєра.

Ключові слова: система керування, математична модель, технологічна схема

The control scheme of the process of melt discharge from an electric furnace to the casting conveyer, a characteristic feature of which is the use of on-off casting machine and dosing weighing device, providing the melt discharge in portions in accordance with the optimal flowsheet of smelting, in the "furnace – casting conveyer" system is considered in the paper. It was shown that the application of described control scheme ensures the fulfillment of compromise optimization criterion which takes into account the requirements to minimization of both energy consumption and conveyer downtime.

Keywords: control system, mathematical model, flowsheet

ЗМІСТ

Явтушенко А. В. Повышение надежности клиноременных передач механических прессов путем нагруженного резервирования	3
Семчук Г. И., Мазур Н. И., Канивец А. В., Беловод А. И., Дудников А. А. Технологический процесс обработки почвы рабочими органами сельскохозяйственных машин	8
Свинаренко М. С. Проектування гідравлічних модулів руху за їх узагальненими математичними моделями	11
Николаенко А. П. Совершенствование конструкции вибрационных станков с U-образной формой контейнера	15
Єременко В. С. Метод оцінювання ступеня ушкодженості композиційних матеріалів	21
Лясков В. Г., Мамаев А. В., Гунькин И. А., Мацьшин С. О. Модернизация линии ускоренного охлаждения в условиях мелкосортного стана 250-4 ПАО «АМКР»	26
Сотник С. В. Математическая модель конструктивных элементов литниковой системы	31
Харченко С. Л. Язык проектирования модели поведения сложной системы управления	37
Колесніков К. В., Карапетян А. Р., Царенко Т. А. Генетичні алгоритми для задач багатокритеріальної оптимізації в мережах адаптивної маршрутизації даних	44
Колесніков К. В., Карапетян А. Р., Нікулін О. Г. Використання нейромережевих моделей для визначення оптимального маршруту в мережах з адаптивною маршрутизацією пакетів даних	50
Горбачев П. Ф., Колий А. С. Особенности формирования емкостей транспортных районов прибытия и отправление автомобилей для центральной части города Харькова	55
Мозолевич Г. Я. Вибір раціонального розподілу потоків поїздів по залізничному полігону	60
Чибісов Ю. В. Формування раціональних потоків поїздівна мережі залізниць	66
Хімичева Г. І., Віткін Л. М., Бобрусь О. В. Аналіз і обґрунтування ризиків інноваційної діяльності ВНЗ	76

Гончаренко С. Ю. Современные проблемы моделирования матриц пассажирских корреспонденций в средних городах	83
Потаман Н. В. Концепция повышения эффективности управления цепями поставок	88
Степаненко А. Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания	92
Коломиец Н. В. Маневры орбитальных переходов группы космических аппаратов с использованием малой тяги	98
Кунашев Д. И. Автоматизована кластеризація зображень клітин пацієнта з використанням штучного інтелекту	105
Коломиец Д. П., Чимшир В. И. О необходимости повышения эффективности речных информационных систем с целью обеспечения безопасности судоходства	112
Лубко Д. В. Методологія проектування та інструментарій для створення мобільних додатків	117
Константинов Д. В., Лаврухін А. В., Іщенко І. О. Формування моделі визначення раціональних маршрутів слідування вагонопотоків у міжнародному сполученні	122
Константинов Д. В., Крамченко К. В. Моделювання процесу оперативного регулювання швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень	128
Ліщина Н. М. Синтез и реализация в плис определенных видов памяти с упорядоченым доступом	136
Мазуренко А. А. Определение эффекта от использования адаптивной технологии обслуживания двухгруппных поездов	142
Вартанян В. М., Скачков О. М., Ревенко Д. С. Моделирование экономической безопасности предприятия в условиях неопределенности исходных данных	147
Свідерський О. О. Дослідження впливу сонячної та місячної активності на імовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод	154
Иовенко О. В., Кот Т. М., Перлий В. М. Программное обеспечение системы обучения и контроля знаний автоэкзаменатор (веб-версия)	158
Шпилько С.В. Влияние рисков транспортировки на выбор схем доставки грузов	162

Харченко К. В. Архитектура открытой P2P облачной системы	167
Мулеса О. Ю. Технологія кількісного оцінювання представників груп високого ризику інфікування вірусом імунодефіциту людини в умовах невизначеності	172
Манойло Є. В., Щербина Д. Б. Гідродинаміка у апараті з відцентровим псевдозрідженим шаром	180
Домнин А. О., Шершнев С. А., Гликина И. М., Гликин М. А. Получение углеводов C ₅₊ по технологии аэрозольного нанокатализа в виброожигенном слое. Влияние давления	185
Кузнецов В. Г., Босий Д. О., Кирилюк Т. І. Визначення регламенту зміни коефіцієнта втрат	193
Ершов С. В., Быков Ю. А., Смульский Я. И., Шаров К. А., Терехов В. И. Расчетно-экспериментальное исследование течения за обратным уступом при наличии пассивного управления	199
Артемьев С. Р. Об актуальности применения нитевидных кристаллов в современном производстве	204
Дёмин Д.А. Управление процессом выдачи расплава на плавильно-заливочном участке литейного цеха	208

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХПІ"**

Збірник наукових праць

Серія:

Нові рішення в сучасних технологіях

№56(1029)

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. № 36-13

Підп. до друку «31» жовтня 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
