При поддержке:

Одесский национальный морской университет
Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта
Научно-исследовательский проектно-конструкторский институт морского флота
Институт морехозяйства и предпринимательства
Луганский государственный медицинский университет
Харьковская медицинская академия последипломного образования
Бельцкий Государственный Университет «Алеку Руссо»
Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук

Входит в международную наукометрическую базу
РИНЦ SCIENCE INDEX

Международное периодическое научное издание

International periodic scientific journal

SW Научные труды
Scientific papers
World

Выпуск №3 (44), 2016
Issue №3 (44), 2016

Том 1
Транспорт
Технические науки

Иваново
«Научный мир»
2016

ISSN 2224-0187 (Print)
ISSN 2410-6720 (Online)

УДК 08
ББК 94
Н 347

Главный редактор: ***Гончарук Сергей Миронович,*** доктор технических наук, профессор, Академик

Редактор: ***Маркова Александра Дмитриевна***

Председатель Редакционного совета: ***Шибаев Александр Григорьевич,*** доктор технических наук, профессор, Академик

Научный секретарь Редакционного совета: ***Куприенко Сергей Васильевич,*** кандидат технических наук

Редакционный совет:

Аверченков Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, Россия

Антонов Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, Академик, Украина

Быков Юрий Александрович, доктор технических наук, профессор, Россия

Захаров Олег Владимирович, доктор технических наук, профессор, Россия

Капитанов Василий Павлович, доктор технических наук, професор, Украина

Калайда Владимир Тимофеевич, доктор технических наук, профессор, Академик, Россия

Коваленко Петр Иванович, доктор технических наук, профессор, Академик, Украина

Копей Богдан Владимирович, доктор технических наук, профессор, Украина

Косенко Надежда Федоровна, доктор технических наук, доцент, Россия

Круглов Валерий Михайлович, доктор технических наук, профессор, Академик, Россия

Кудерин Марат Крыкбаевич, доктор технических наук, профессор, Казахстан

Ломотько Денис Викторович, доктор технических наук, профессор, Академик, Украина

Лебедев Анатолий Тимофеевич, доктор технических наук, профессор, Россия

Макарова Ирина Викторовна, доктор технических наук, профессор, Россия

Морозова Татьяна Юрьевна, доктор технических наук, профессор, Россия

Рокочинский Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор, Украина

Ромащенко Михаил Иванович, доктор технических наук, профессор, Академик, Украина

Павленко Анатолий Михайлович, доктор технических наук, профессор, Украина

Пачурин Герман Васильевич, доктор технических наук, профессор, Академик, Россия

Першин Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор, Россия

Пиганов Михаил Николаевич, доктор технических наук, профессор, Россия

Поляков Андрей Павлович, доктор технических наук, профессор, Академик, Украина

Попов Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор, Россия

Семенцов Георгий Никифорович, доктор технических наук, профессор, Академик, Украина

Сухенко Юрий Григорьевич, доктор технических наук, профессор, Украина

Устенко Сергей Анатольевич, доктор технических наук, доцент, Украина

Хабибуллин Рифат Габдулхакович, доктор технических наук, профессор, Россия

Червоный Иван Федорович, доктор технических наук, профессор, Академик, Украина

Шайко-Шайковский Александр Геннадьевич, доктор технических наук, профессор, Академик, Украина

Щербань Игорь Васильевич, доктор технических наук, доцент, Россия

Кириллова Елена Викторовна, кандидат технических наук, доцент, Украина

Н 347 **Научные** труды SWorld. – Выпуск 3(44). Том 1. – Иваново: Научный мир, 2016 – 99 с.

Журнал предназначается для научных работников, аспирантов, студентов старших курсов, преподавателей, предпринимателей. Выходит 4 раза в год.
The journal is intended for researchers, graduate students, senior students, teachers and entrepreneurs. Published quarterly.

УДК 08
ББК 94
© Коллектив авторов, 2016

Информация для Авторов

Международный научный периодический журнал "Научные труды SWorld" издается с 2005 г. и успел получить большое признание среди отечественных и зарубежных интеллектуалов. Сегодня в журнале публикуются авторы из России, Украины, Молдовы, Казахстана, Беларуси, Чехии, Болгарии, Литвы Польши и других государств.

Основными целями журнала "Научные труды SWorld" являются:

- возрождение интеллектуального и нравственного потенциала;
- помощь молодым ученым в информировании научной общественности об их научных достижениях;
- содействие объединению профессиональных научных сил и формирование нового поколения ученых-специалистов в разных сферах.

Журнал целенаправленно знакомит читателя с оригинальными исследованиями авторов в различных областях науки, лучшими образцами научной публицистики.

Публикации журнала "Научные труды SWorld" предназначены для широкой читательской аудитории – всех тех, кто любит науку. Материалы, публикуемые в журнале, отражают актуальные проблемы и затрагивают интересы всей общественности.

Каждая статья журнала включает обобщающую информацию на английском языке.

Журнал зарегистрирован в РИНЦ SCIENCE INDEX.

Требования к статьям:

1. Статьи должны соответствовать тематическому профилю журнала, отвечать международным стандартам научных публикаций и быть оформленными в соответствии с установленными правилами. Они также должны представлять собой изложение результатов оригинального авторского научного исследования, быть вписанными в контекст отечественных и зарубежных исследований по этой тематике, отражать умение автора свободно ориентироваться в существующем библиографическом контексте по затрагиваемым проблемам и адекватно применять общепринятую методологию постановки и решения научных задач.

2. Все тексты должны быть написаны литературным языком, отредактированы и соответствовать научному стилю речи. Некорректность подбора и недостоверность приводимых авторами фактов, цитат, статистических и социологических данных, имен собственных, географических названий и прочих сведений может стать причиной отклонения присланного материала (в том числе – на этапе регистрации).

3. Все таблицы и рисунки в статье должны быть пронумерованы, иметь заголовки и ссылки в тексте. Если данные заимствованы из другого источника, на него должна быть дана библиографическая ссылка в виде примечания.

4. Название статьи, ФИО авторов, учебные заведения (кроме основного языка текста) должны быть представлены и на английском языке.

5. Статьи должны сопровождаться аннотацией и ключевыми словами на языке основного текста и обязательно на английском языке. Аннотация должна быть выполнена в форме краткого текста, который раскрывает цель и задачи работы, ее структуру и основные полученные выводы. Аннотация представляет собой самостоятельный аналитический текст и должна давать адекватное представление о проведенном исследовании без необходимости обращения к статье. Аннотация на английском (Abstract) должна быть написана грамотным академическим языком.

6. Приветствуется наличие УДК, ББК, а также (для статей по Экономике) код JEL (https://www.aeaweb.org/jel/guide/jel.php)

7. Принятие материала к рассмотрению не является гарантией его публикации. Зарегистрированные статьи рассматриваются редакцией и при формальном и содержательном соответствии требованиям журнала направляются на экспертное рецензирование, в том числе через открытое обсуждение с помощью веб-ресурса www.sworld.education.

8. В журнале могут быть размещены только ранее неопубликованные материалы.

Положение об этике публикации научных данных и ее нарушениях

Редакция журнала осознает тот факт, что в академическом сообществе достаточно широко распространены случаи нарушения этики публикации научных исследований. В качестве наиболее заметных и вопиющих можно выделить плагиат, направление в журнал ранее опубликованных материалов, незаконное присвоение результатов чужих научных исследований, а также фальсификацию данных. Мы выступаем против подобных практик.

Редакция убеждена в том, что нарушения авторских прав и моральных норм не только неприемлемы с этической точки зрения, но и служат преградой на пути развития научного знания. Потому мы полагаем, что борьба с этими явлениями должна стать целью и результатом совместных усилий наших авторов, редакторов, рецензентов, читателей и всего академического сообщества. Мы призываем всех заинтересованных лиц сотрудничать и участвовать в обмене информацией в целях борьбы с нарушением этики публикации научных исследований.

Со своей стороны редакция готова приложить все усилия к выявлению и пресечению подобных неприемлемых практик. Мы обещаем принимать соответствующие меры, а также обращать пристальное внимание на любую предоставленную нам информацию, которая будет свидетельствовать о неэтичном поведении того или иного автора.

Обнаружение нарушений этики влечет за собой отказ в публикации. Если будет выявлено, что статья содержит откровенную клевету, нарушает законодательство или нормы авторского права, то редакция считает себя обязанной удалить ее с веб-ресурса и из баз цитирования. Подобные крайние меры могут быть применены исключительно при соблюдении максимальной открытости и публичности.

ЦИТ: 316-111
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-111
УДК 656.615.003:338

Гирина О.Б.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА СИСТЕМЫ ПОРТОВ

Одесский Национальный морской университет
Мечникова 34, 65029

Girina O.B.

MATHEMATICAL MODELING OF SYSTEM PORTS PRODUCTIVE CAPACITY

Odessa National Maritime University,
Odessa, Mechnikova 34, 65029

Анотация: Рассматривается динамическая экономико-математическая модель транспортной системы доставки грузов через порты для оценки их производственного потенциала. Предлагается согласование задачи верхнего уровня с задачами определения внутрипортовой специализации. Анализируется соотношение между пропускной способностью портов и объемами грузопотоков.

Ключевые слова: производственный потенциал, морские порты, номинальный производственный потенциал, внутрипортовая специализация, спрос и предложение

Annotation: We considered the dynamic economic and mathematical model of transport system to deliver cargo through ports to evaluate their productive capacity. It is proposed harmonization of the top-level objectives with the objectives of determining internal specialization of port's resources. We analyze the correlation between the capacity of the ports and the cargoes volumes.

Keywords: production potential, seaports, nominal production capacity, internal resources specialization, supply and demand.

Вступление. В морских портах Украины за последние 25 лет было построено 49 новых грузовых причалов. Сегодня можно прогнозировать оживление строительной активности, связанной с ростом зернового экспорта и масштабными планами создания новых зерновых терминалов. В стадии реализации находятся шесть проектов, предполагающих строительство и реконструкцию морских причалов в Ильичевском, Одесском и Южном портах. В этих условиях актуальными являются оценка производственного потенциала построенных объектов и анализ спроса на их услуги в дальнейшем.

Обзор литературы. Мощность предприятия, в том числе порта, обычно измеряют продукцией предприятия в натуральных единицах, причем речь идет, как правило, о фактически выработанной продукции. В работе [1] вводится понятие – номинальный производственный потенциал (НПП). Под НПП авторы понимают тот объем работ в приведенных единицах измерения бюджета времени (нормо-часы), который необходим для ее выполнения на протяжении некоторого периода, например, года, основными производственными рабочими

на базе имеющихся производственных фондов при двух - трехсменном режиме работы и оптимальной организации работы и производства.

Трудовой процесс обладает объединяющим свойством для разнородных по технико-эксплуатационным характеристикам ресурсов порта. Количественная и качественная характеристика отдельного ресурса порта фактически отражается в трудовом процессе и может быть описана в единицах измерения трудового процесса в нормо-часах (по фактическому объему затрат – человеко-часах). [2]

Знание НПП дает возможность выстроить систему всех других оценок производственной и экономической мощности предприятия. При этом одному и тому же показателю НПП, в зависимости от условий его использования, может соответствовать множество значений показателя потенциальной производственной мощности, выраженной в тоннах перегруженных грузов. Пропускной способностью портов измеряется их производственный потенциал, который является главной подсистемой экономического потенциала порта наряду с его финансовыми ресурсами и системой управления . [3]

Постановка задачи. Нами ставится задача определения производственного потенциала системы портов на основе системного подхода в рамках модели распределения грузов между портами и видами транспорта в транспортной системе доставки грузов от отправителей до получателей при известном номинальном производственном потенциале портов, измеряемом их рабочим бюджетом времени.

Такой подход позволяет рассчитать грузооборот портов и величину производственной мощности лимитирующих портов в данных условиях. Предлагаемая модель является моделью верхнего уровня, результаты решения которой должны быть согласованы с локальними задачами определения внутрипортовой специализации для отдельных портов и стивидорных компаний, что позволяет более детально описать их ресурсы. [4,5]

В модели верхнего уровня приняты следующие параметры управления:

x_{ikt}^{pH} - объем груза наименования p, перевозимый между регионом i и портом k и перегружаемый на перегрузочном комплексе H в году t, x_{kjt}^{ps} - объем перевозок груза наименования p между регионом j и портом перевалки k видом транспорта s в году t, $x_{k(t-1)}^{p}, x_{kt}^{p}$ - соответственно, остаток груза p в порту k на начало или конец периода t.

В модели используются следующие обозначения:

Q_{it}^{p} - объемы грузопотоков по родам грузов p и регионам мира i в году t ; G_{jt}^{p} - объем грузопотоков по родам грузов p и внутренним районам производства (потребления) j в году t; B_{kt}^{H} - бюджет времени перегрузочного комплекса H порта k в году t (чел.-час, нормо.-час); b_{kt}^{pH} - трудоемкость перевалки груза p на причалах H порта k в году t (чел.-час/т); $П_{kt}^{pH}$ - пропускная способность перегрузочного комплекса H порта k по грузу p в году t (тыс.тонн); d_{kj}^{st} - провозная способность транспорта s на направлении kj в году t (тонно-мили); L_{kj} - расстояние перевозки на участке kj; ω_{ps} - характеристика грузоподъемности транспорта s по перевозке груза p.

$$Z = \sum\sum\sum\sum\sum x_{ikt}^{pH} + \sum\sum\sum\sum\sum x_{kjt}^{ps} \to \max \quad (1)$$

$$\sum_k \sum_H x_{ikt}^{pH} \le Q_{it}^{p}, \forall i, p, t \quad (2)$$

$$\sum_k \sum_s x_{kjt}^{ps} \le G_{jt}^{p}, \forall j, p, t \quad (3)$$

$$\sum_p \sum_i b_{kt}^{pH} \cdot x_{ikt}^{pH} \le B_{kt}^{H}, \forall k, H, t \quad (4)$$

$$\sum_p \sum_i x_{ikt}^{pH} / \Pi_{kt}^{pH} \le 1, \forall k, H, t \quad (5)$$

$$\sum_p L_{kj} / \omega_{ps} \cdot x_{kjt}^{ps} \le d_{kj}^{st}, \forall k, j, s, t \quad (6)$$

$$\sum_i \sum_H x_{ikt}^{pH} + x_{k(t-1)}^{p} = \sum_j \sum_s x_{kjt}^{ps} + x_{kt}^{p}, \forall k, p \in P^{+}, t \quad (7)$$

$$\sum_i \sum_H x_{ikt}^{pH} + x_{k(t)}^{p} = \sum_j \sum_s x_{kjt}^{ps} + x_{k(t-1)}^{p}, \forall k, p \in P^{-}, t \quad (8)$$

$$x_{ikt}^{pH} \ge 0, x_{kjt}^{ps} \ge 0, x_{kt}^{p} \ge 0, \forall k, i, j, H, p, t \quad (9)$$

Принятые в модели соотношения имеют следующее содержание:

(1)– целевая функция на максимум объема перевозок и перевалки грузов в портах,

(2)– ограничения на объем ввоза (вывоза) груза наименования p в (из) регион i в году t,

(3)- ограничения на объем ввоза (вывоза) груза p в (из) район j на территории государства в году t,

(4)– ограничение о непревышении бюджета времени (в нормо–часах) перегрузочного комплекса H порта k в году t,

(5)– ограничение о непревышении пропускной способности перегрузочного комплекса H порта k в году t ,

(6)– ограничения на провозную способность транспорта s на направлении kj в году t,

(7),(8)– балансовые соотношения записываются для каждого рода груза p по видам плавания и портам перевалки k о том, что количество прибывшего в порт груза в период времени t равно количеству отправленного груза с учетом начального и конечного количества груза данного наименования: $p \in P^{+}$- прибытие, $p \in P^{-}$- отправление,

(9) – условия неотрицательности переменных задачи.

Пропускная способность всей системы портов бассейна или региона определяется как максимальное количество грузов, которое перевезено морским и смежными видами транспорта от отправителей до получателей и перегружено в указанных портах перевалки при оптимальных схемах доставки и полной загруженности портов.

Результаты. Стратегия текущего и долгосрочного планирования работы портов зависит от полученного соотношения между пропускной способностью системы портов $\sum_k \Pi_{kt}$ (предложение услуг) и суммой грузопотоков,

предъявленных к перевалке $\sum_i \sum_p Q_{it}^p$ в году t (спрос на услуги).

Оценка пропускной способности каждого порта определяется по формуле (10) в на основе оптимального решения задачи (1)-(9) $X^* = \{x_{ikt}^{pH*}; x_{kj}^{ps*}\}$:

$$П_{kt} = \sum_i \sum_p \sum_H x_{ikt}^{pH*} \quad (10)$$

Данная оценка характеризует максимальную (потенциальную) способность порта, если ресурсы порта использованы полностью (ограничения 4,5). Если остались резервы ресурсов в указанных ограничениях, то оценка (10) характеризует фактические возможности порта в заданных условиях. Критерий (1) позволяет определить максимальные производственные резервы портов. Выбор других критериев оптимизации зависит от соотношения между спросом и предложением услуг портов в транспортной системе.

Если $\sum_k П_{kt} \geq \sum_i \sum_p Q_{it}^p$, то пропускной способности портов достаточно для освоения грузопотоков, что может означать стратегию совершенствования использования ресурсов портов при неизменном уровне их производственного потенциала с использованием в качестве критериев расходов и прибыли.

Если $\sum_k П_{kt} \leq \sum_i \sum_p Q_{it}^p$, то выбираются в системе портов варианты развития для удовлетворения спроса на объемы перевалки в портах. При этом каждый выбранный вариант в наиболее эффективных портах может в дальнейшем рассматриваться как текущий инвестиционный проект на основе показателей эффективности развития в качестве критериев.

Выводы. Предложенная модель позволяет определить производственный потенциал портов при оптимальной организации их работы, под которой понимается оптимальные схемы доставки грузов через порты в транспортной системе и оптимальная внутрипортовая специализация всех ресурсов.

Литература

1. Должанский І.З.Управління потенціалом підприємства: Навчальний посібник / Должанский І.З., Загорна Т.О., Удалих О.О., Герасименко І.М., Ращупкіна - К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 362с.

2. Дерябин Р.В. Производственная деятельность морского порта: Учебник для морских вузов / Дерябин Р.В. - М.: Транспорт,1988.-224с.

3. Лапин Е.В. Оценка экономического потенциала предприятия: Монография / Е.В.Лапин.- Суммы: ниверситетская книга, 2004.-360с.

4. Гирина О.Б. Методы определения и анализа пропускной способности портов бассейна: Автореф. дис…канд.экон.наук // Гирина О.Б. // Одесский институт инженеров морского флота.-Одесса.1993.-20с.

5. Гирина О.Б. Экономико-математическое моделирование производственного потенциала порта // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб.наук.праць. - Одесса.- Одеса: ОНМУ, 2008. Вип.27. – С 84-89

Статья отправлена: 6.10.2016 г.

© Гирина О.Б.

ЦИТ: 316-091
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-091
УДК 004.89

Дудченко О.М., Новиков В.І., Карпова С.О., Політикін Б.М.

ЗАСТОСУВАННЯ ЛЮДИНО-МАШИННИХ ПРОЦЕСІВ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ НА СУДНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Херсонська філія Національного університету кораблебудування,
Херсон, Ушакова 44, 73000

Dudchenko O.M., Novikov V.I., Karpova S.O., Politikin B.M.

APPLICATION HUMAN-MACHINE PROCESSES IN OPTIMIZATION PROBLEMS ON DESIGN SHIPBUILDING

Kherson branch National University of Shipbuilding
Kherson, Ushakova 44, 73000

Анотація. У статті розглядаються формальні підходи що до організації взаємодії людини та машини у проектуванні сучасного суднобудівного виробництва. Проаналізовано математичні засоби визначення оптимальної структури суднової виробничої системи, вказані недоліки існуючих підходів та запропоновані технічні рішення для побудови судових виробничих систем.

Ключевые слова: суднові виробничі системи, людино-машинний інтерфейс.

Abstract. In the article that formal approaches to the interaction of man and machine in the design of modern shipbuilding. Mathematical analysis tools to determine the optimal structure of the ship's production system, deficiencies of existing approaches and proposed technical solutions for the production systems.

Key words: ship production systems, human-machine interface.

Вступ. Побудова математичних моделей суднобудівних об'єктів дуже часто пов'язана з процесом оптимізації їх структури, характеристик, і виробничих параметрів. Необхідність оптимізації з'являється при автоматизованому проектуванні технічних об'єктів в суднобудуванні, плануванні робіт, управлінні технічними об'єктами і оцінки їх ефективності [1]. Враховуючи, що властивості технічного об'єкта характеризуються не одним, а певною сукупністю показників (критеріїв), найчастіше суперечливих, виникає потреба у вирішенні задачі багатокритеріальної (векторної) оптимізації.

Задачі багатокритеріальної оптимізації в таких областях як важка промисловість специфічні і вимагають для свого вирішення спеціальних методів. Переважна більшість діалогових методів передбачає спрямований перебір ефективних рішень з метою знаходження єдиного, що щонайкраще відповідає системі переваг людини-особи, що приймає рішення (ОПР) [2].

На кожному кроці таких методів виконується наступна послідовність:

- знаходження для аналізу одного з ефективних рішень;
- далі ОПР вказує напрямок, в якому слід шукати більш детально визначене з його точки зору рішення;
- здійснюється пошук в обраному напрямку.

Даний діалоговий метод закінчує роботу, якщо отримане на певному етапі

ефективне рішення задовольнить ОПР, і визнається подальший пошук недоцільним.

$$\left(\sum_{i=1}^{n}\alpha_i\lambda_i^r(\mathrm{x})\right)^{1/r}, \quad (1)$$

$$\min_{i\in N}\alpha_i\lambda_i(\mathrm{x}), \quad (2)$$

$$\prod_{i=1}^{n}(\lambda_i(\mathrm{x}))^{\alpha_i}, \quad (3)$$

де $\lambda_i(x),\ i=1,n$ - нормалізовані значення критеріїв; $\alpha_i,\ i=1,n$ - коефіцієнти важливості критеріїв; N - множина індексів критеріїв, що оптимізуються; n - потужність множини N.

Вибір напрямку пошуку на кожному кроці діалогових методів, які використовують згортки (1) - (3), здійснюється зміною коефіцієнтів $\alpha_i,\ i=1,n$. Однак обґрунтовано змінити значення α_i можна тільки для згортки (2) в разі чіткої вказівки ОПР необхідного значення кожного критерію $f_i^{mp},\ i=1,n$.

Для (1), (3) побудова залежностей $\alpha_i(f_1^{mp},...,f_n^{mp})$ неможливо. Слід також зауважити, що для методів, які використовують згортку (2), можливість побудови залежностей $\alpha_i(f_1^{mp},...,f_n^{mp})$ зовсім не означає отримання рішення x^{mp} зі значеннями критеріїв $f_i(x^{mp})=f_i^{mp},\ i=1,n$. Для цього необхідно, щоб x^{mp} було ефективним рішенням, а вгадати його практично неможливо.

Аналіз структури множини ефективних рішень показує, що заданий ОПР напрямок пошуку може виявитися неіснуючим. Особливо це характерно для PLM (PDM) систем в САПР [3]. Тобто необхідна перевірка існування кожного обраного напрямку в проектуванні, але жоден з відомих діалогових методів вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації такої перевірки не передбачає.

Зазначені недоліки призводять до наступних негативних наслідків, що виявляються в процесі оптимізації:

- якщо напрямку, заданого ОПР, не існує, то стають непотрібними всі подальші дії щодо розрахунку значень α_i і знаходженню нового ефективного вирішення. Однак технологічний САПР (CAM) буде виконувати ці дії і, в результаті, отримає рішення, яке абсолютно не відповідає обраному напрямку [4];

- ОПР, не знаючи про неефективність обраного напрямку пошуку, неодноразово намагатиметься просунутися в ньому, але безрезультатно;

- зважаючи на людський фактор ОПР відсоток неіснуючих з усіх обираних їм напрямків досить високий і лежить в межах 30-50%.

Все сказане обумовлює застосування діалогового методу, заснованого на людино-машинному взаємодії при вирішенні мікроетапов проектних завдань галузі суднобудування [5].

Постановка задачі.

Таким чином, необхідно знайти рішення наступної задачі багатокритеріальної оптимізації CAM проектування:

$$\left(f_1(\mathrm{x}),...,f_i(\mathrm{x}),...,f_n(\mathrm{x})\right)\xrightarrow[\mathrm{x}\in D]{}\min, \qquad (4)$$
$$D=\left\{\mathrm{x}\in E^m \middle| g_j(\mathrm{x})\le 0,\ \ j=\overline{1,J}\right\},$$

де $f_i(x), i=1,n$ - критерії, що оптимізуються; D - множина допустимих рішень $x; g_j(x),\ j=1,J$ - функції обмежень; m - розмірність простору параметрів.

Математичний апарат

Сутність запропонованого методу доцільно розглядати за такими етапами:

1.отримання початкового ефективного рішення, з якого фактично і починається процес оптимізації;

2.пред'явлення отриманого рішення ОПР для оцінки і визначення напрямку пошуку найкращого рішення;

3.перевірка існування обраного напрямку пошуку;

4.знаходження ефективного рішення в обраному напрямку.

Для отримання початкового рішення можна використовувати будь-яку з згорток (1) ÷ (3) з коефіцієнтами a=1, i = 1,n. Вочевидь, ця вимога не суперечить умові $\sum_{i=1}^{n}\alpha_i=1$, оскільки в разі рівності значень коефіцієнтів важливості ними можна просто знехтувати. Найкращою, однак, слід визнати згортку (2). Максимізація цієї згортки на множині D дозволяє отримати ефективне рішення x*, яке має властивість: для будь-якого рішення $x\in D$ виконується нерівність $\min_{i\in N}\lambda(x^*)>\min_{i\in N}\lambda(x)$. Однак, для двохкрітеріального випадку $\lambda_1(x^*)=\lambda_2(x^*)$.

Отримане початкове рішення, а також границі множини ефективних рішень пред'являються ОПР для оцінки. Якщо ОПР визнає значення критеріїв в x* задовільними, а подальший пошук недоцільним, то процес оптимізації закінчується, і x* вважається рішенням задачі (4). Якщо ж x* не задовольняє ОПР, то ОПР повинна на підставі своєї системи переваг вказати напрямок подальшого пошуку на множині ефективних рішень.

У пропонованому методі, напрямок пошуку визначається відповіддю ОПР на питання: " Значення яких критеріїв при проектуванні необхідно поліпшити (зменшити) за рахунок погіршення (збільшення) значень інших?".

Висновок. Вочевидь, вимоги до інформації, необхідної для ОПР, і до його здібностей мінімальні. Отримавши від ОПР напрямок пошуку, необхідно перевірити його існування. Напрямок поліпшення значень будь-якої сукупності критеріїв $L_{опр}\in N$ в точці x* існує тільки в тому випадку, якщо x* не є ефективним рішенням по даній сукупності критеріїв. Тому перевірка існування зазначеного ОПР напрямку пошуку являє собою перевірку x* на ефективність за обраною ОПР сукупності критеріїв, що поліпшуються $L_{опр}$.

Литература

1. Є.О. Яковенко, В.Д. Гогунський, П.С. Носов, Оцінювання рівня організаційних знань. // Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ „ХПІ”.– Харків, 2010.– Вип.4. С. 303-308.

2. Ю.І. Косенко, П.С. Носов. Механізми ідентифікації та трансформації

«знань» суб'єкта критичної інфраструктури // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць [Текст]. — Вип. 3(4) — Одеса: Наука і техніка 2013, С. 99-104

3. П.С. Носов. Побудова складальних вузлів двигунів внутрішнього згоряння засобами САПР у 3D // Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції „Інновації у підготовці фахівців технологічної, професійної освіти та готельно-ресторанного бізнесу". – Херсон: Видавництво ХДУ, 2012. – С. 88-93.

4. О.Н. Дудченко, В.И. Новиков. Модель выбора оптимальной судовой сборки. // Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції „Інновації у підготовці фахівців технологічної, професійної освіти та готельно-ресторанного бізнесу". – Херсон: Видавництво ХДУ, 2014. – С. 220-227.

5. О.М. Дудченко, В.І. Новиков. Оптимальне проектування технічних систем суднобудування на основі принципу Парето. // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць [Текст]. — Вип. 4(11) — Одеса, 2015, - Наука і техніка, С. 24-29.

Статтю надiлано: 3.10.2016 г.

© Дудченко О.М.

ЦИТ: 316-116
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-116
УДК 625.7

Лесников В.В., Молчанов В.С., Попов А.М.

ПЕРЕУСТРОЙСТВО ВОДОНЕСУЩИХ КОММУНИКАЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

ООО «Стройтранссервис», Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (НГАСУ), Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), Россия

Lesnikov V.V., Molchanov V.S., Popov A.M.

RECONSTRUCTION OF THE WATER-BEARING UTILITIES AT ROAD RECONSTRUCTION

LTD «Stroytransservis», Novosibirsk state architectural-build university (NGASU), Siberian state university of ways of report (SGUPS), Russia

Аннотация. Статья посвящена технологиям переустройства водонесущих и других инженерных коммуникаций при реконструкции автомобильной дороги и преодолению возникающих при этом технических осложнений. Освещены вопросы обеспечения безосадочности земляного полотна и предотвращения его обводнения.

Ключевые слова: водопровод, ливневая канализация, металлический футляр, трубы из полипропилена, земляное полотно, траншеи и котлованы.

Abstract. The article is devoted to technologies for the reconstruction of the water-bearing and other engineering communications during the reconstruction of the road and overcoming the resulting technical complications. The questions ensure

bezusadochnye subgrade and prevent flooding.

Key words: water supply, storm drainage, metal case, pipes made of polypropylene, subgrade, trenches and pits.

Вступление.

Проект производства работ по переустройству коммуникаций при реконструкции автомобильной дороги «Советское шоссе» в Новосибирском районе в пригородной зоне г. Новосибирска (дорога на п. Краснообск) составлен на основе проекта организации строительства, разработанного «СИБГИПРОКОММУНЭНЕРГО» и технического отчета по инженерно-геологическим изысканиям, выполненного Новосибирским филиалом ОАО «Иркутскгипродорнии», по заданию МУП "Горводоканал" г. Новосибирска. На участке выполнено переустройство существующих сетей водоснабжения в Ø700 мм и канализации КЛ Ø500 мм. С учётом расширения автодороги уложены новые участки сетей К2, В1. Местоположение существующих подземных коммуникаций уточнялось до начала производства работ.

Прокладка водопровода под автодорогой выполнена из стальных электросварных прямошовных труб Ø720 мм с наружной 3-слойной ВУС-изоляцией и внутренней полимерной изоляцией на основе композитных материалов в стальном футляре Ø1020 мм с наружной 3-слойной ВУС-изоляцией;прокладка ливневой канализации– из полипропиленовых гофрированных труб «Прагма» с двухслойной стенкой Ø569/500 мм в стальных футлярах Ø720 мм с наружной 3-слойной ВУС-изоляцией.

Работы по переустройству сетей водопровода и канализации были начаты с устройства временной дороги к строительной площадке, подготовки территории строительной площадки, доставки и установки машин и оборудования. Территория была огорожена забором из профлиста, расчищена и спланирована автогрейдером, с устройством мест стоянки для транспортных средств и монтажных машин. Материалы и конструкции разгружали краном на площадки, расположенные на минимально возможном расстоянии от мест производства работ. Особое внимание уделялось разбивочным геодезическим работам и сохранности точек геодезического контроля.

В состав работ по переустройству сетей водопровода вошли:

- подготовка строительной площадки;
- разработка траншей и котлованов камер экскаваторами, доработка грунта вручную с погрузкой и вывозом его в отвал;
- крепление стен траншей и котлованов;
- сварка и укладка трубопроводов;
- погружение дизель-молотом стальных свай, монтаж ограждений из уголка №50 (и их демонтаж после завершения работ);
- устройство затяжки из досок, заводимых за стальные сваи;
- возведение камер из сборного и монолитного железобетона;
- гидроизоляция конструкций камер и антикоррозийная изоляция стальных трубопроводов;
- устройство врезки в существующий трубопровод;

– обратная засыпка трубопроводов и камер местным грунтом;
– промывка и продувка трубопроводов, проверка на прочность и герметичность;
– обеззараживание построенных участков трубопроводов

Испытание трубопроводов и приёмка их в эксплуатацию осуществлялась с учётом требований СП40-102-2000 и других нормативных документов[1-4].

Разработка котлованов для сооружения камер. Разработку котлованов камер в зависимости от инженерно-геологических и гидрогеологических условий выполняли с временным креплением стенок или без такового (рис. 1).

Забивку металлических свай из двутавровых балок №30 производили копром на всю глубину; сваи в охранной зоне ЛЭП погружали отрезками по 3 м с устройством равнопрочных стыков, затем устраивали временное металлического ограждения из уголка №50, а также бетонный бортик для предотвращения попадания поверхностных вод в котлован. Разработка котлована производится экскаватором на требуемую глубину с устройством забирки из деревянных досок толщиной 50 мм, отставание крепления бортов котлована от разработки грунта допускается не более чем на 2 доски. Дно котлована окончательно планируют и зачищают вручную, а при необходимости уплотняют грунт основания бензотрамбовкой непосредственно перед началом сооружения камеры. Отклонение отметок дна котлована от проектных допускается после доработки не более ±5 см. Грунт грузится в автосамосвалы и транспортируется в отвал. После окончания крепления котлованов начинается сооружение камеры. Грунт основания котлована при необходимости, должен предохраняться от промерзания путем подогрева или укрытия утеплителями.

а)	*б)*

Рис. 1. Устройство котлована для сооружения камеры:
а – вид котлована на забивной крепи (до откачки воды);
б – вид котлована без крепления в момент устройства и уплотнения выравнивающей подготовки из щебня и песка

При проявлении неблагоприятных гидрогеологических условий выполнялись мероприятия по понижению уровня грунтовых вод (при помощи иглофильтров), откачиванию насосами, а также устройству водосборников.

Поверхность земли вокруг люков камер и колодцев планировали механизированным способом с уклоном 0,030 от колодца и на ней выполняли отмостку шириной 1,50 м из бетон Н=0,05 м класса В7,5 по подготовке Н=0,05 м из щебня крупностью 30-40 мм. В зоне расположения смежных коммуникаций работы выполняли вручную.

Прокладка трубопроводов. Прокладку ливневой канализаций выполнили из полипропиленовых с двухслойной стенкой труб «Прагма» Ø569/500 мм, располагаемых в стальных трубах-футлярах Ø720 мм с наружной 3-слойной ВУС-изоляцией (рис. 2). Стальные футляры прокладывали открытым способом в траншее по гравийно-песчаной подготовке толщиной не менее 200 мм, с заделкой концов футляров бетоном В15.

Стальной футляр ливневой канализации прокладывали в земляном полотне автодороги открытым способом. С обеих сторон перехода через автодорогу, монтировали железобетонные водоприемные камеры [2].

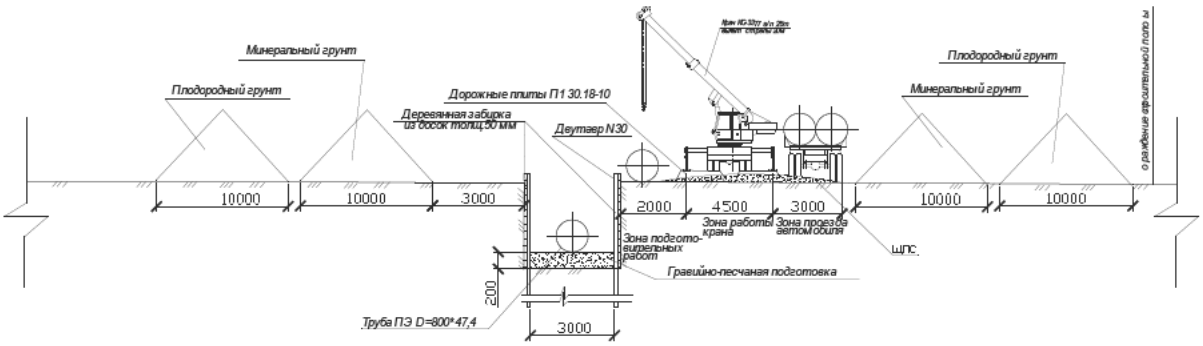


Рис. 2. Технологическая схема монтажа футляра из стальной трубы

Траншеи для укладки трубопроводов разрабатывали механизированным способом с устройством откосов 1:1,25, доработку дна производили вручную с тщательным выравниванием. Места выемки валунов засыпали грунтом, уплотненным до той же плотности, что и грунт основания. Нормальная толщина слоя подсыпки – 0,2 м. Для подсыпки использовали гравийно-песчаную смесь максимальной крупностью зерен 20 мм без острых краев. Для обсыпки трубы использовался привозной песчаный грунт. Обсыпка осуществлялась по всей ширине траншей до получения над поверхностью трубы (после трамбовки) слоя толщиной не менее 0,3 м. Сбрасывание массы грунта непосредственно на трубу не допускалось. Грунтовая обсыпка, уплотненная в пазухах трубопровода, обеспечивает снижение растягивающих усилий на боковые стенки труб от внутреннего давления транспортируемой среды. Чтобы избежать просадки грунта, уплотнение заполнения над трубопроводом обеспечивалось с Kcom≥0,95. Трамбовка выполнялась слоями толщиной не более 0,3 м. При уплотнении первого слоя (до уровня горизонтального диаметра трубы) контролировалось недопущение ее поднятия. Во избежание перемещения трубопровода трамбовка выполнялась одновременно с обеих сторон. Трамбовку грунта непосредственно над трубой производили, обеспечивая расстояние не менее 0,3 м до ее поверхности.

При наличии грунтовых вод выполняли мероприятия по понижению уровня грунтовых вод (при помощи иглофильтров) и закрепление стен траншеи шпунтовым ограждением из двутавра №30 с шагом 1,2 м, с забиркой из доски δ=50 мм. Двутавр забивали копром на всю глубину (в охранной зоне ЛЭП – отрезками по 3 м с устройством равнопрочных стыков, с соблюдением требований техники безопасности). После укладки труб и обратной засыпки траншеи шпунтовое ограждение извлекали.

Трубопроводы из полипропиленовых труб «Прагма» протаскивали в футляр стальной трубы на полозковых опорах, воспринимающих усилия от протаскивания труб. Концы футляров заделывали бетоном В15. Обратная засыпка местным грунтом выполнена с послойным разравниванием и уплотнением Kcom>0,85. Под колодцы выполнялась подготовка бетоном В7,5 толщиной 100 мм. Гидроизоляция камер и колодцев осуществлена с наружной стороны в два слоя: 1 слой – грунтовка и 2 слоя по 1 мм – гидроизоляция материалом Гидротэкс В. Сварку трубопроводов производили в траншее. При подготовительных работах и работах по сварке трубы укладывали на деревянные подкладки и гравийно-песчаную подготовку толщиной 200 мм. Обратную засыпку и подбивку пазух в траншее, на высоту 0,3 м выполняли привозным песчаным грунтом, крупным или средней крупности, с послойным уплотнением до Kcom≥0,95.

В местах пересечения полиэтиленовыми трубами стенок камер предусматривалась установка сальников. Зазор между сальником и полиэтиленовым трубопроводом заделывали просмоленной прядью, пропитанной раствором низкомолекулярного полиизобутилена в бензине, в соотношении 1:1 после покрытия труб полиэтиленовой пленкой в 2 слоя. Концы сальников заделывали асбестоцементным раствором: цемент марки 400-70 % по весу, асбест марки 400 по ГОСТ 12871-93* – 30 % по весу, воды – 12-15 % от всей смеси. Минимальный радиус изгиба для полиэтиленовых труб с SDR11; SDR13,6; SDR17; SDR17,6 не может быть меньше, R≥ 35 d. Для тонкостенных трубопроводов с SDR21; SDR26; SDR33 и SDR41 минимальный радиус изгиба должен быть увеличен.

Сварка нагретым инструментом встык (рис.3) обеспечивает равнопрочность сварных швов трубами из ПЭ и характеризуется следующими показателями: при сварке встык соединения труб между собой не требует дополнительных деталей и выполняется одним швом, выделение вредных газообразных продуктов при этом незначительно.

Обратная засыпка пазух траншей трубопроводов, прокладываемых открыто, выполняется выше верха трубы на 300 мм песчаным грунтом крупным или средней крупности, с уплотнением Kcom>0,95. Засыпка местным грунтом осуществляется с послойным разравниванием и уплотнением Kcom>0,85.

В соответствии с СП 40-102-2000 [1] стальные трубопроводы подвергались испытанию на прочность и герметичность давлением 1,0 МПа. Испытания производили при температуре не ниже минус 15°С, не ранее чем через 24 ч после выполнения сварных и клеевых соединений. Допускается промывка трубопроводов водой или другими веществами с температурою не более 60 °С.

Продувка трубопроводов паром не допускается.

Рис. 3. Сварка труб из полиэтилена

Заключение и выводы.

Законченные строительством трубопроводы и сооружения хозяйственно-питьевого водоснабжения перед приемкой в эксплуатацию промывали и дезинфицировали хлорированием с последующей промывкой до получения удовлетворительных контрольных физико-химических и бактериологических анализов воды, отвечающих требованиям ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества и "Инструкции по контролю за обеззараживанием хозяйственно-питьевой воды и за дезинфекцией водопроводных сооружений хлором при централизованном и местном водоснабжении". Все сооружения успешно выдержали проверочные испытания и были сданы в постоянную эксплуатацию.

Литература:

1. СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. М.: 2000.

2. ТП 901-09-11.84 Колодцы водопроводные. Типовые проектные решения. Альбом 4 Колодцы прямоугольные из бетона для труб Ду=250-1200 мм. М.: 1988.

3. СТО 36554501-008-2007 Обеспечение сохранности подземных водонесущих коммуникаций при строительстве (реконструкции) подземных и заглубленных объектов. М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2007.

4. Лесников В.В., Молчанов В.С., Попов А.М. Особенности переустройства искусственных и коммуникационных сооружений в полосе отвода автомобильных дорог. В сборнике: Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки. Материалы IX международной научно-практической конференции, н.-и.-ц. «Академический», 2016. – С. 151-155.

Статья отправлена: 06.10.2016 г.

© Лесников В.В., Молчанов В.С., Попов А.М.

ЦИТ: 316-032
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-032
УДК 656.072

Ходаківська Є. В., Матвєєв А. К., Шимків Л. М.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ АДАПТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ СХЕМ ОБОРОТУ ШВИДКІСНИХ ПОЇЗДІВ

Український державний університет залізничного транспорту,
Харків, майд. Фейєрбаха 8, 61050

Khodakivska E. V., Matveev A. C., Shimkiv L. M.

A STUDY OF THE USE OF ADAPTIVE TECHNOLOGY IN THE ORGANIZATION OF SCHEMES OF THE TURNOVER OF HIGH-SPEED TRAINS

Ukrainian state University of railway transport,
Kharkiv, Feyerbakha squ. 8, 61050

Анотація. В роботі розглянуто доцільність використання адаптивної технології при організації схем обороту швидкісних поїздів. При цьому проаналізовано один із напрямків підвищення ефективності роботи пасажирського залізничного комплексу – формування раціональних схем обороту швидкісних поїздів. Для цього досліджено основні техніко - економічні показники процесу організації швидкісних перевезень. Виконано прогнозування рівня пасажиропотоку на наступні 12 місяців існуючої організації процесу пасажирських перевезень в залізничній транспортній системі. Результат дослідження впливу на майбутнє (очікуване) виконання показників оцінки діяльності залізничної транспортної системи показав, що вирішення науково-прикладного завдання з удосконалення організації пасажирських перевезень за рахунок впровадження сучасних логістичних технологій має позитивні результати за основними показниками пасажирських перевезень.

Ключові слова: швидкісні перевезення, схеми обороту, еволюційне моделювання, пасажиропотік.

Abstract. In this paper describes the possibility of using adaptive technology in the organization of the treatment schemes for high-speed trains. Analyzed one of the directions of increase of efficiency of passenger railway complex – the formation of a rational scheme for the treatment of high-speed trains. For this study the basic technical and economic indicators of the process of organization of speed motion. Performed forecasting passenger traffic for the next 12 months, the existing organization of the process of passenger railway transportation system. The study of impact on future (expected) performance indicators of the railway transport showed that the solution of scientific and applied problems of improving the organization of passenger transport due to the introduction of modern logistics technologies has positive results on the main indicators of passenger transportation.

Key words: high-speed transportation, the scheme of turnover, evolutionary modeling, ridership.

Вступ. Необхідність у перевезенні пасажирів у далекому сполученні в Україні безперервно зростає, зміна обсягу пасажиропотоку супроводжується

підсиленням концентрації відправлення пасажирів із великих вузлів і збільшенням сезонної і добової нерівномірності. Разом з цим зростають вимоги до якості обслуговування пасажирів для повного задоволення потреб населення в перевезеннях. Створення оптимальних маршрутів, на яких існує можливість у комфортних умовах доставити пасажирів до потрібних їм станцій у найкоротші терміни з мінімальними витратами, сьогодні називають ефективною транспортною логістикою [1, 2].

Шляхом критичного аналізу та порівняння з відомими вітчизняними і закордонними розв'язаннями науково-прикладного завдання з удосконалення організації пасажирських перевезень в частині логістичної технології організації швидкісних перевезень було виявлено ряд суперечностей: порівняно не багато уваги приділено в наукових роботах використанню логістики в організації швидкісних пасажирських перевезень; визначення раціональних схем курсування швидкісних поїздів можливо проводити в автоматизованому режимі з використанням більш сучасних методів моделювання, наприклад, еволюційного моделювання; при формуванні схем обороту швидкісних пасажирських поїздів на мережі залізниць України часто використовується закордонний досвід і це в певній мірі здійснюється без урахування інфраструктурних, технічних і технологічних відмінностей України та інших країн.

Існуючі рішення, серед іншого, стосуються удосконалення пасажирських тарифів швидкісних поїздів, підвищення якості надання послуг в поїздах далекого прямування, створення логістичних пасажирських центрів та ін. [3-9].

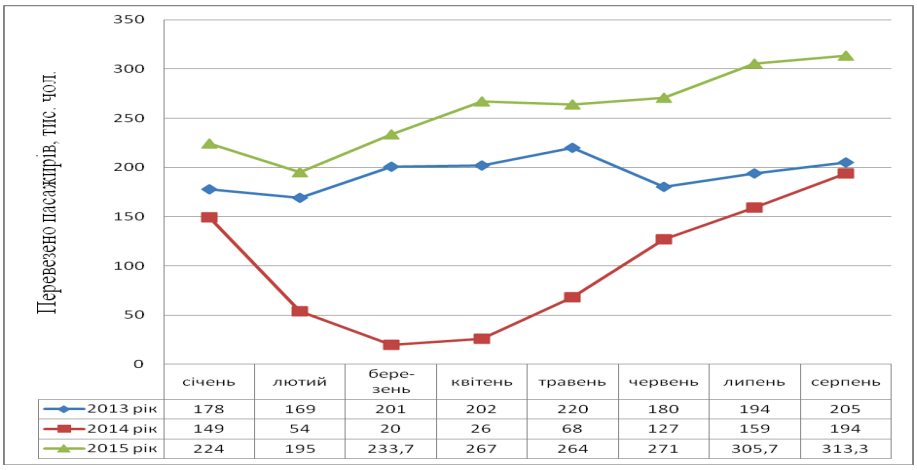
Аргументами на користь актуальності нового вирішення є те, що необхідно підвищити населеність в швидкісних поїздах, якість надання послуг з організації швидкісних перевезень та ін. Таким чином, вирішення науково-прикладного завдання з удосконалення організації пасажирських перевезень за рахунок впровадження сучасних логістичних технологій є актуальним.

Результат дослідження рівня виконання основних показників ефективності існуючої організації процесу пасажирських перевезень в залізничній транспортній системі показав, що середня населеність швидкісних поїздів складає 57%, середня дальність поїздки – 323 км, кількість відправлених пасажирів з кожним роком збільшується (рис. 1). У червні 2016 року філія «УЗШК» ПАТ «Українська залізниця» перевезла понад 270,6 тис. пасажирів, що стало рекордом в сфері вітчизняних швидкісних перевезень [10, 11].

Аналіз діяльності компанії протягом трьох років показав, що основні доходи вона отримує від швидкісних перевезень і навіть має прибуток: – 2012 р. в розмірі 30812 тис. грн., рентабельність 29,12 %; – 2013 р. прибуток 37856 тис. грн., рентабельність 14,9 %; – 2014 р. прибуток 77368 тис. грн., рентабельність 24,41 % [12].

Для удосконалення технології пасажирських перевезень на основі логістичних технологій важливим є прогнозування пасажиропотоків. Регулярне дослідження пасажиропотоків дає можливість вирішити такі експлуатаційні задачі, як: розробка схем обороту; побудова графіка руху пасажирських поїздів; забезпечення перевезення пасажирів в святкові дні та канікули; економічне

обґрунтування ефективності курсування поїздів різних категорій по періодам року та ін. [9, 13]. В роботі прогнозування виконано за допомогою програми Forecast4AC PRO v. 5.11 (режим доступу пробної версії – www.4analytics.ru). За результатами прогнозування рівня пасажиропотоку існуючої організації процесу пасажирських перевезень в залізничній транспортній системі, виявлено, що кількість перевезених пасажирів швидкісними поїздами по мережі залізниць України має тенденцію збільшення (рис. 2).



	січень	лютий	бере-зень	квітень	травень	червень	липень	серпень
2013 рік	178	169	201	202	220	180	194	205
2014 рік	149	54	20	26	68	127	159	194
2015 рік	224	195	233,7	267	264	271	305,7	313,3

Рис. 1. Кількість перевезених швидкісними поїздами пасажирів за 8 місяців в період з 2013по 2015 роки

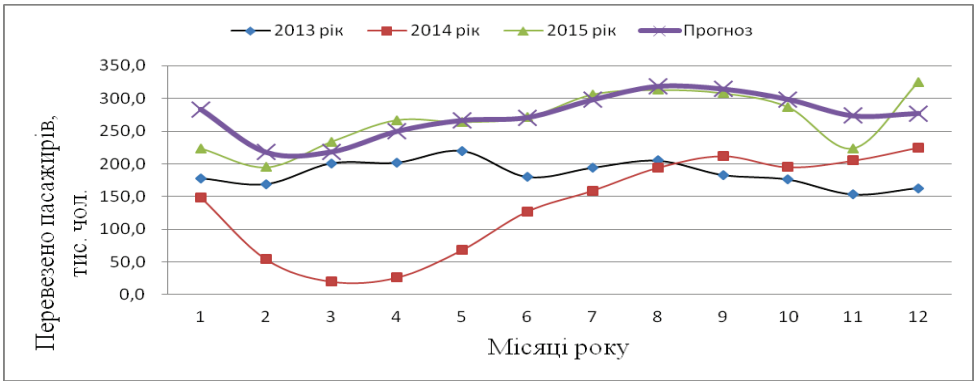


Рис. 2. Графік відображення фактичних даних пасажиропотоку в період з 2013 по 2015 роки з виокремленням лінії прогнозу на 2016 рік

Точність прогнозу розрахована програмою дорівнює 70%, але при порівнянні прогнозних даних з фактичним показником 2016 року. При проведені більш детального аналізу фактичних даних за перше півріччя 2016 р. та відповідно прогнозних даних за цей період, можна зробити висновок, параметр середньорічної відносної похибки знаходиться на рівні 3,8%.

В роботі [14] розроблено адаптивну технологію організації схем обертання пасажирських составів на основі процедур еволюційного моделювання. В межах запропонованого в даній роботі підходу з'являється можливість перегляду фундаментальних основ організації швидкісних пасажирських перевезень, зокрема при ув'язці обороту швидкісних составів різних призначень в загальний обіг та уточненні їх схем обороту. Як спрощений

приклад роботи запропонованої моделі еволюційного розвитку, проведено розрахунки щодо визначення графіку обороту швидкісного пасажирського состава за принципом відправлення «туди» для полігону мережі. Запропонована процедура еволюційного моделювання, дозволила при популяції рівній 50 за 60 генерацій знайти оптимальне рішення протягом 17,172 секунд (характеристики PC AMD Athlon 1,24 Ггц).

Результат дослідження впливу удосконалення організації процесу пасажирських перевезень на майбутнє (очікуване) виконання показників оцінки діяльності залізничної транспортної системи показав, що не зважаючи на деякі негативні відгуки впровадження високошвидкісного та швидкісного руху, в цілому, вирішення науково-прикладного завдання з удосконалення організації пасажирських перевезень за рахунок впровадження сучасних логістичних технологій має позитивні результати за основними показниками пасажирських перевезень (табл. 1) [10, 11].

Таблиця 1

Результат дослідження впливу удосконалення організації процесу пасажирських перевезень на майбутнє (очікуване) виконання показників оцінки діяльності залізничної транспортної системи

Досліджуваний період	Назва показника пасажирських перевезень та одиниці виміру	Фактичний показник	Після впровадження запропонованого удосконалення
за січень – липень 2016 рік	Пасажирообіг, млн. пас. км	2729,2	2906,3
за січень – липень 2016 рік	Перевезено (відправлено) пасажирів, тис. чол.	37731,7	40181,8
за січень – липень 2016 рік	Середня населеність пасажирського вагона,%	70	77
2015 рік	Середня дальність поїздки, км	320	340

Висновки. В роботі було розглянуто основні напрямки удосконалення організації пасажирських перевезень за рахунок впровадження сучасних логістичних методів. На відмінність від відомих рішень запропонована технологія враховує те, що при організації раціональних маршрутів прямування швидкісних поїздів використано адаптивну технологію і це дозволяє отримати оптимальний план формування пасажирських поїздів (ПФПП). Практичне значення одержаних результатів. полягає в тому, що на основі виконаної роботи розроблено пропозиції, що покладено в основу корегування ПФПП і, як наслідок, це дозволяє отримати раціональні маршрути прямування швидкісних поїздів.

Література:

1. Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту України [Електронний ресурс]: [схвалена Кабінетом Міністрів України 27 грудня 2006р.] – Режим доступу до ресурсу: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/651-2006-р.

2. Журавель В. Пілотні проекти високошвидкісних магістралей [Електронний ресурс] / В. Журавель, І. Журавель // Українські залізниці № 1 (31). – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://ukrrailways.com/statti/1892-analiz-dosvidu-vikoristannya-visokoshvidkisnikh-zaliznichnikh-spoluchen.html.

3. Малахова О. А. Удосконалення перевезення пасажирів на основі використання логістичних принципів [Текст] / О. А. Малахова, О. В. Макарова. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2012. – Вип. 131. – С. 100–103.

4. Копитко В. І. Необхідність запровадження логістичного сервісу при організації швидкісного руху на залізничному транспорті [Електронний ресурс] / В. І. Копитко - Режим доступу до ресурсу: http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/1128/1/2.pdf

5. Мельник Т. С. Застосування принципів маркеинг - логістики для впровадження нової послуги на пасажирському залізничному транспорті [Електронний ресурс] / Т. С. Мельник, Л. М. Лобойко, О. В. Христофор. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: http:// stp.diit.edu.ua (Дата звернення: 28. 06. 2016).

6. Глушенко Т. М. Основні положення логістичного підходу в технології пасажирських залізничних перевезень [Електронний ресурс] / Т. М. Глушенко – Режим доступу до ресурсу: http://www.ekuzt.gov.ua/node/16 (Дата звернення: 28. 06. 2016).

7. Управління залізничними пасажирськими перевезеннями на основі логістичних принципів [Текст] / Т. В.Бутько, Д. В. Ломотько, А. В. Прохорченко, Є. В. Чеклова. // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2009. – С. 48 – 51.

8. Аксенов И. М. Логистический подход к управлению пассажирскими перевозками [Текст] / И.М. Аксенов // Залізнич. транспорт України. – 2001. – №3. – С.45 - 48.

9. Резер С. М. Логистика пасажирских перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] / С. М. Резер. – М: ВИНИТИ РАН, 2007. – 516 с.

10. Головне управління статистики в харківській області [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://kh.ukrstat.gov.ua/index.php/pasazhyrski-perevezennia-shchomisiachna-informatsiia.

11. Українська залізнична швидкісна компанія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://intercity.uz.gov.ua.

12. Матусевич, О. О. Управління економічною ефективністю залізничних пасажирських перевезень в умовах трансформаційних змін [Електронний ресурс] / О. О. Матусевич. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://ndch.diit.edu.ua/upload/Защиты/диссертация матусевич.pdf.

13. Пархоменко Л. О. Розроблення моделі прогнозування кореспонденцій пасажирів в умовах впровадження залізничного швидкісного пасажирського

сполучення на основі нечітких реляційних обчислень [Текст] / Л. О. Пархоменко. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2012. – Вип. 131. – С. 109 – 114.

14. Бутько Т. В. Розробка адаптивної технології організації схем обертання пасажирських составів на основі процедур еволюційного моделювання [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Є.В. Чеклова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, Харків. – 2009. – № 1. – С. 27 - 31.

Статья отправлена: 20.09.2016 г.

© Ходаківська Є. В., Матвєєв А. К., Шимків Л. М.

ЦИТ: 316-042
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-042
УДК 625.03

Штомпель А.М., Скорик О.О.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ РИЗИКУ ПОЯВИ ВІДМОВИ У РОБОТІ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

Український державний університет залізничного транспорту
Харків, площа Фейєрбаха, 7, 61050

Shtompel A.N., Skorik A.A.

METHODOLOGY OF RISK ASSESSMENT OF OCCURRENCE OF FAILURE OF THE UPPER STRUCTURE CONSTRUCTION JOINTLESS TRACK

Ukrainian State University of Railway Transport
Kharkiv, Area Feuerbach, 7, 61050

Анотація. Розглядається методика оцінки ризику появи відмови у роботі конструкції верхньої будови безстикової колії.

Ключові слова: верхня будова колії, безстикова колія, напрацьований тоннаж, відмова у роботі, ризик появи відмови, інтенсивність відмов.

This work the technique of the risk assessment of occurrence of failure in the work of the top structure of continuous welded rail structure.

Keywords: track structure, jointless way, the accumulated tonnage, failure , the risk of failure , the failure rate.

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Пункт 3.1 «Правил технічної експлуатації залізниць України» визначає, що усі елементи верхньої будови колії (ВБК) за станом (в межах «життєвого» циклу ВБК) повинні «забезпечувати безпечний і плавний рух поїздів із швидкостями, встановленими на даній дільниці».

В процесі експлуатації (при напрацюванні тоннажу) спостерігається стійка тенденція «старіння» конструкції ВБК, в тому числі зростання відмов у роботі елементів верхньої будови. Цьому процесу «старіння» конструкції протидіє система технічного обслуговування колії, яка передбачає поточне утримання колії (ПУК) на певній ділянці залізниці. У рамках ПУК виконуються, зокрема, роботи з ліквідації відмов елементів ВБК, які з’явилися під час функціонування конструкції колії.

Для планування ремонтно-колійних робіт при ПУК потрібно мати відповідні математичні моделі прогнозного (з урахуванням експлуатаційних умов ділянки залізниці) виходу елементів верхньої будови з ладу.

Ці моделі обумовлюють необхідність (у якості бази) існування відповідної методики оцінки ймовірності появи відмови у роботі елементів ВБК. Саме цим підтверджується актуальність питань, що розглядаються у даній статті, та їх зв'язок з практичними задачами колійного господарства.

Аналіз публікацій з даної проблеми

Питанням технічного ресурсу елементів верхньої будови безстикової колії присвячено чимало досліджень, в тому числі й роботи [1-5].

Однак, у означених роботах напряму не розглядається методика оцінки ризику появи відмови у роботі елементів ВБК в процесі експлуатації.

Мета статті полягає у встановленні методики оцінки ризику появи відмови у роботі конструкції верхньої будови безстикової колії в процесі її експлуатації при зростанні напрацьованого тоннажу.

Виклад основного матеріалу дослідження.

У даному дослідженні використовуються матеріали роботи [6], які стосуються технічних об'єктів, що не підлягають відновленню при виході їх у дефектні.

Поява відмови (ПВ) у роботі елементів ВБК (й конструкції в цілому) трактується як імовірнісна характеристика. Ризик ПВ залежить, зокрема, від технічного стану конструкції та умов зовнішньої дії (рухомий склад, природно-кліматичні фактори).

Подія, що розглядається як ПВ, відбувається в результаті реалізації послідовності (ланцюга, ряду) причинних подій.

У рамках статистичного підходу ПВ уявляє собою випадкову подію $E^{в}$. Випадкові події E_i, що обумовлюють послідовність причин ПВ, розподіляються у часі.

Нижче розглядається ситуація, коли причиною ПВ має місце єдина подія E_1 (процес $E_1 \rightarrow E^{в}$).

Щільність розподілу ймовірності виникнення події E_1 у довільний момент часу t_1 позначається як $\gamma(t_1)$. Добуток $dp_1 = \gamma(t_1)\, dt_1$ дорівнює ймовірності події E_1 в інтервалі часу $[t_1, t_1 + dt_1]$. Ймовірність появи події $E^{в}$ у період часу $[t, t+dt]$ внаслідок причинної події E_1, яка мала місце у момент часу t_1, розглядається як диференціальна за часом умовна ймовірність (ймовірність появи $E^{в}$ при умові, що здійснилася подія E_1):

$$dp\,(E^{в} / E_1) = \rho^{в}{}_{1}\,(t_1, t)\, dt, \qquad (1)$$

де $\rho^{в}{}_{1}\,(t_1, t)$ – щільність розподілу за часом ймовірності появи події $E^{в}$ у момент t при умові реалізації події E_1 у певний момент часу $t_1 < t$ (при $t_1 \geq t$ формально можна вважати, що $\rho_1{}^{в}(t_1, t) = 0$).

Ймовірність події $E^{в}$ у період $[t, t+dt]$ у наслідок події E_1 (на інтервалі часу $[t_1, t_1+dt_1]$ з ймовірністю dp_1) дорівнює

$$d^2p\,(t, t+dt) = dp_1\, dp\,(E^{в} / E_1) = \gamma\,(t_1)\, \rho^{в}{}_{1}\,(t_1, t)\, dt_1 dt. \qquad (2)$$

Після інтегрування виразу (2) по змінній t_1 на інтервалі $(-\infty, t)$ знаходиться ймовірність виникнення події $E^{в}$ у період часу $[t, t+dt]$ при реалізації E_1 у будь

якій точці інтервалу (-∞, t):

$$dp\ (t, t+dt) = dt \int \gamma(t_1)\ \rho^{в}{}_{1}\ (t_1, t)\ dt. \quad (3)$$

Ризик появи відмови $E^{в}$ у момент часу t у наслідок причинної події E_1 визначається відношенням ймовірності (3) до величини інтервалу dt:

$$r_{1в}\ (t) = dp\ (t, t+dt) / dt = \int \gamma\ (t_1)\ \rho^{в}{}_{1}\ (t_1, t)\ dt_1. \quad (4)$$

Змінивши у виразі (4) функцію $\rho^{в}{}_{1}\ (t_1, t)$ на константу по аргументу t_1 ефективною величиною $\rho^{в}{}_{1}\ (t)$, яка не впливає на значення інтегралу (4), маємо

$$r_{1в}\ (t) = \rho^{в}{}_{1}(t) \int \gamma(t_1)\ dt_1 = p_1(t)\ \rho^{в}{}_{1}\ (t), \quad (5)$$

де $p_1\ (t)$ – ймовірність появи події E_1 до моменту t, тобто в межах інтервалу (-∞, t).

Функція $\rho^{в}{}_{1}(t)$ зображує ймовірність появи відмови $E^{в}$ за одиницю часу на момент t (при реалізації E_1 до моменту t).

Теорія ризиків має прямий зв'язок з теорією надійності технічних систем (об'єктів). Остання описує з позицій теорії ймовірності відмови технічних систем в процесі їх функціонування й застосовується, зокрема, у залізничній галузі.

Для оцінки надійності об'єкта, який не підлягає відновленню, використовуються відповідні ймовірнісні характеристики випадкової величини – напрацювання об'єкту (пропущений тоннаж у млн. т брутто) від початку його експлуатації до моменту появи відмови.

До показників надійності невідновлювального об'єкта, зокрема, відносяться:

*ймовірність появи відмови об'єкта

$$F\ (t) = r(t_i) / N_0, \quad (6)$$

де N_0 – загальна кількість елементів (і-го виду) на початок експлуатації;

$r(t_i)$ – кількість відмов елементів (і-го виду) за час t_i;

*інтенсивність появи відмови об'єкта

$$\lambda(t) = n_i / [N(t_i)\Delta t], \quad (7)$$

де n_i – кількість відмов елементів (і-го виду) на інтервалі часу Δt;

$N(t_i)$ - кількість елементів (і-го виду), які відпрацювали без відмови за час t_i.

У разі, коли визначається інтенсивність ПВ об'єкта на нескінченно малому інтервалі часу [t, t+dt], вираз (7) зображує диференціальну ймовірність відмови і-го виду й має наступний вид

$$\lambda(t_i) = dp_i\ (t, t+dt) / dt. \quad (8)$$

Порівняння формул (4) та (8) свідчить, що параметри $r_{1в}\ (t)$ і $\lambda(t)$ співпадають. Іншою мовою – ризик та інтенсивність появи відмови об'єкта – одна й та ж величина, яка застосовується у теорії надійності і теорії ризиків під різними назвами.

Висновки з даного дослідження:

- запропонована методика оцінки ризику появи у роботі невідновлювальних елементів конструкції верхньої будови безстикової колії в процесі її експлуатації;
- означена методика може бути застосована при визначені обсягів робіт по заміні дефектних елементів безстикової колії у рамках системи її технічного обслуговування.

Література

1. Штомпель А.М. Сучасні обсяги залізничних перевезень та їх вплив на умови роботи конструкції колії [Текст] / А.М.Штомпель // Сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции "Современные направления теоретических и прикладных исследований '2011". Том 1. Транспорт.- Одесса: 2011. - С.27-32.
2. Штомпель А.М. Експлуатаційний вантажообіг на залізницях України у 2008-2011 роках та його вплив на конструкцію залізничної колії [Текст] / А.М.Штомпель // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2011". Выпуск 4 Том 3. - Одесса: Черноморье, 2011. - номер ЦИТ: 411-0360 - С.67-70
3. Штомпель А.М. Технічний ресурс елементів верхньої будови безстикової колії при зростанні обсягів перевезень [Текст] / А.М.Штомпель // Збірник наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2011.- Вип. 124.- С.126-130.
4. Штомпель А.М. Працездатність щебеневого баласту в процесі експлуатації безстикової колії [Текст] / А.М.Штомпель, В.В.Тертичний, С.В.Хоруженко // Збірник наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2013.- Вип. 135.- С.304-308.
5. Штомпель А.М. Обсяги залізничних перевезень та вихід у дефектні елементів верхньої будови безстикової колії [Текст] / А.М.Штомпель, Б.В.Носенко, Т.Ю.Стомін // Научный взгляд в будущее. – Выпуск 2 (2). Том1.- Одесса: Куприенко СВ, 2016 – ЦИТ:n216-123 С.72-75.
6. Нестеров В.Л. Методика оценки рисков чрезвычайных происшествий на транспорте [Текст] / В.Л. Нестеров, В.И.Радченко, Е.А.Русакова // Вестник Уральського государственного университета путей сообщения, 2009. - №3-4. С. 23-32.

ЦИТ: 316-068
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-068
УДК 625.143:625.4

Коростельов Є.М.

ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ БОРОТЬБИ З ДОМІНУЮЧИМИ ДЕФЕКТАМИ РЕЙОК В КОЛІЯХ МЕТРОПОЛІТЕНУ

Український державний університет залізничного транспорту
Харків, площа Фейєрбаха, 7, 61050

Korostelov Ye.

DETERMINE THE MOST EFFECTIVE WAYS TO COMBAT DOMINANT DEFECTS IN RAILS UNDERGROUND

Ukrainian State University of Railway Transport
Kharkiv, Area Feuerbach, 7, 61050

Анотація. На основі аналізу літературних джерел в роботі визначаються домінуючі види дефектів рейок в коліях метрополітену а також найбільш ефективні методи боротьби з ними. Розглядається досвід іноземних та

вітчизняних вчених в питаннях подовження строку служби рейок в коліях метрополітену.

Ключові слова: колії метрополітену, рейкошліфування, мащення, дефекти контактно-втомлювального походження.

Abstract. Based on the analysis of the literature in the work determined by the dominant species of rail defects in the ways of the underground and the most effective methods to combat them. In this paper also examines the experience of foreign and domestic scientists in matters of extending the service life of the rails in the ways of the underground.

Keywords: way underground, rail grinding, lubrication, contact-fatigue defects origin.

Постановка проблеми в загальному вигляді.

Враховуючи постійно-зростаючу потребу в процесі перевезення вантажів та пасажирів, що не виключає необхідності в дотриманні вимог безпечності та безперебійності перевізного процесу за умов ресурсозбереження на залізничному транспорті України, існує необхідність в особливої уваги в питаннях розробки, вдосконалення та впровадження технічних заходів щодо продовження термінів служби елементів залізничної інфраструктури. З точки зору ресурсозбереження на залізничному транспорті саме подовження строків служби рейок, від підтримання яких в постійно-працездатному стані залежить не тільки вартість процесу перевезення, а й безпека, та сама можливість його реалізації, може сприяти суттєвій економії матеріальних та трудових ресурсів.

Проведені дослідження співробітниками кафедри «Колії та колійного господарства» УкрДУЗТ [1-3], які виконувались в рамках науково-дослідницьких робіт дозволили визначити закономірності інтенсивного виходу рейок в колії метрополітену. За рахунок детального вивчення процесів дефектоутворення з урахуванням динаміки процесу викришувань на поверхні кочення рейок (дефекти по коду 11.1-3) вдалось підвищити терміни служби рейок та все ж повністю не вирішили проблеми надінтенсивного виходу рейок в дефектні.

Аналіз публікацій з даної проблеми.

Вирішенням проблеми подовження термінів служби рейок займалися вчені всього світу [4] користуючись конструкційними, експлуатаційними а також трібологічними методами з-поміж яких в останні роки особливо-активно користуються саме трібологічними [5]. Дані дослідження виконувались для магістральних колій умови контактування в яких суттєво відрізняються від умов метрополітену, а тому використання їх для колій метрополітену без додаткових поправок та уточнень не є доцільним.

Враховуючи досвід попередників з подовження строків служби рейок на магістральних коліях [6-8] та визначивши умови, які дадуть змогу подовжити строки служби рейок в колії метрополітену [9-10] можливо суттєво зменшити їх вихід в дефектні. Проте вирішення даної проблеми можливе лише за умови системного підходу для конкретних умов контактування, а тому потребує більш глибокого вивчення.

Мета статті полягає в визначенні домінуючих дефектів рейок колій

метрополітену та найбільш ефективних способів боротьби з ними.

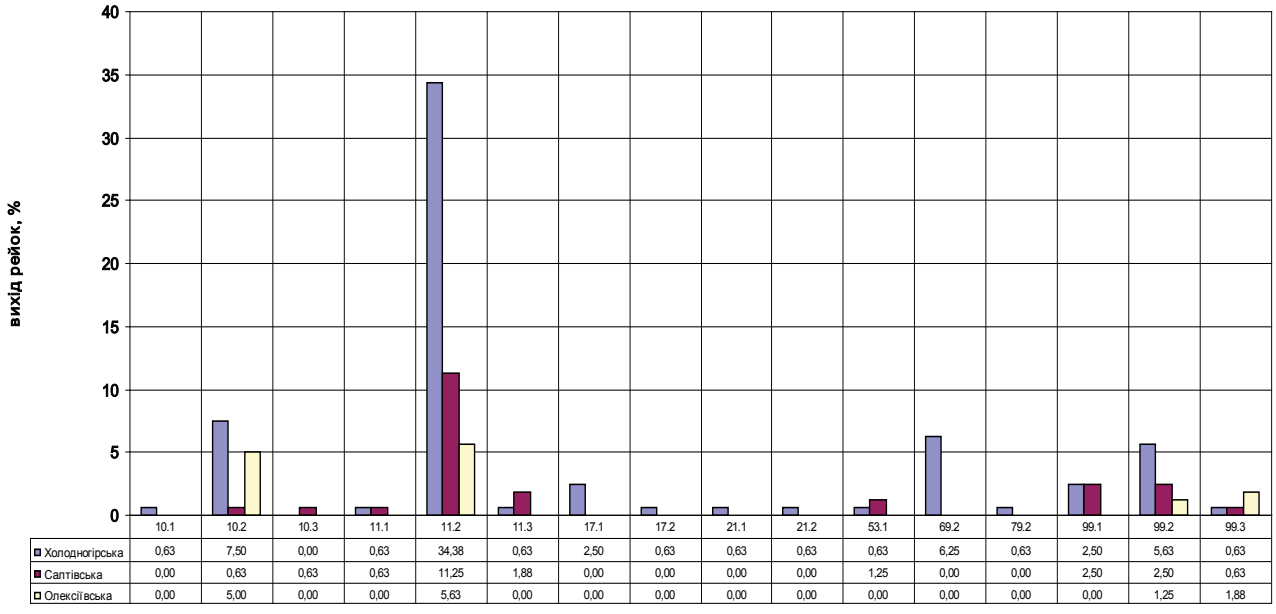
Виклад основного матеріалу дослідження.

Відповідно до [11] кожен дефект рейок має свої характерні ознаки і, що найголовніше, основну причину виникнення та механізм розвитку. Тому, розглядаючи питання щодо підвищення «життєвого» циклу рейок колій харківського метрополітену необхідно виявити причини їх передчасного виходу в дефектні та визначити відповідні заходи боротьби з домінуючими дефектами рейок.

Згідно до [1] в період з 1986-2001 рр. основними видами дефектів рейок колій КП «Харківський метрополітен» були дефекти за рисунками 11.1-3 – контактно-втомлювального походження. Ці дефекти розвиваються в голівці рейки з причин недостатньої контактно-втомлювальної міцності рейкової сталі. Такий стан був найбільш характерним для Холодногірсько-Заводської та Салтівської ліній, де вихід рейок по цьому дефекту сягав 60 % від загального. Робити певні висновки про роботу рейок по Олексіївській лінії на той час не було можливим, із-за відсутності достатнього обсягу статистичних даних. Послідуючі дослідження [2-3] виявили збереження тенденції виходу рейок в дефектні за кодом 11.1-3 (рис.1.).

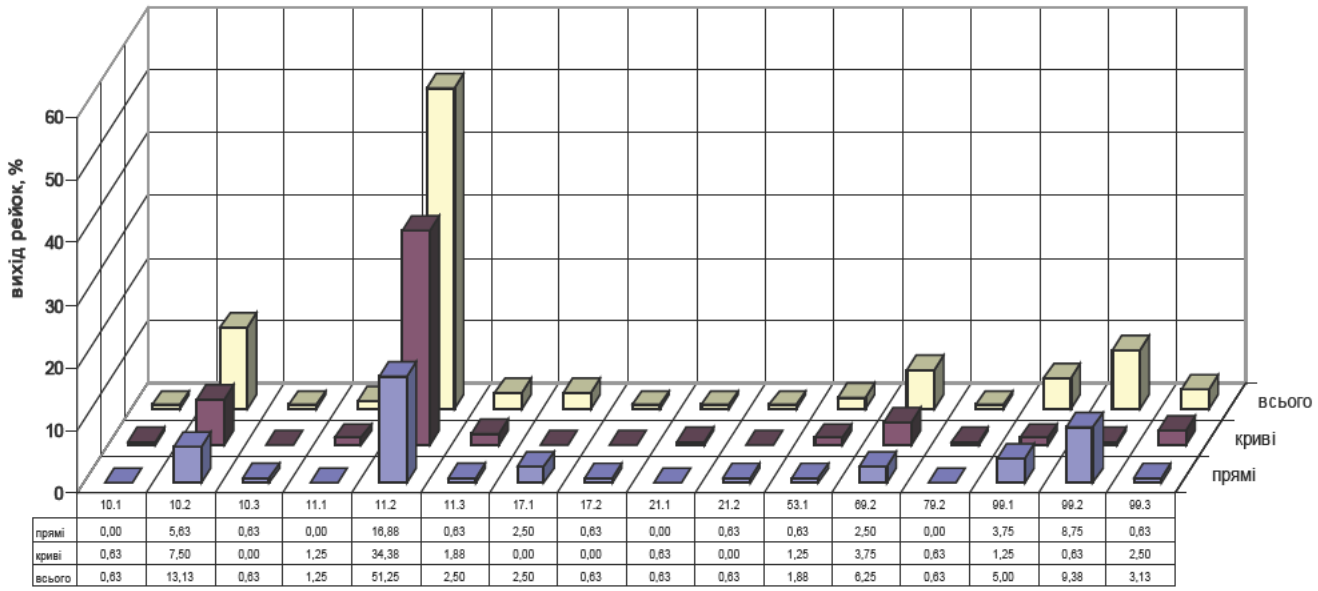
Також було встановлено безперечний вплив плану залізничної колії на пошкоджуваність рейок дефектами першої групи, беручи до уваги незмінність інших експлуатаційних факторів. При цьому спостерігалась залежність між величиною радіуса кривої ділянки колії і ступенем пошкоджуваності за цим видом дефектів (рис. 2).

Аналіз даних (рис. 1.2) [3] показав, що по основному дефекту вихід рейок в кривих ділянках колії складає 34,38 %, в прямих – 16,88 %, що черговий раз підкреслює вплив плану колії на пошкоджуваність рейок.



	10.1	10.2	10.3	11.1	11.2	11.3	17.1	17.2	21.1	21.2	53.1	69.2	79.2	99.1	99.2	99.3
Холодногірська	0,63	7,50	0,00	0,63	34,38	0,63	2,50	0,63	0,63	0,63	0,63	6,25	0,63	2,50	5,63	0,63
Салтівська	0,00	0,63	0,63	0,63	11,25	1,88	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	2,50	2,50	0,63
Олексіївська	0,00	5,00	0,00	0,00	5,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	1,88

Рис. 1. Загальний вихід рейок по лініям КП «Харківській метрополітен»



	10.1	10.2	10.3	11.1	11.2	11.3	17.1	17.2	21.1	21.2	53.1	69.2	79.2	99.1	99.2	99.3
прямі	0,00	5,63	0,63	0,00	16,88	0,63	2,50	0,63	0,00	0,63	0,63	2,50	0,00	3,75	8,75	0,63
криві	0,63	7,50	0,00	1,25	34,38	1,88	0,00	0,00	0,63	0,00	1,25	3,75	0,63	1,25	0,63	2,50
всього	0,63	13,13	0,63	1,25	51,25	2,50	2,50	0,63	0,63	0,63	1,88	6,25	0,63	5,00	9,38	3,13

Рис. 2. Загальний вихід рейок КП «Харківській метрополітен» залежно від плану колії

З огляду на складні умови експлуатації колій в метрополітені для боротьби з домінуючими дефектами рейок доцільно використовувати трібологічні методи. До основних робіт по збільшенню ресурсу рейок трібологічними методами [5] відносяться шліфування контактуючих поверхонь колеса і рейки та мащення. При цьому шліфування як коліс рухомого складу так і поверхонь голівок рейок виконується задля усунення дефектів, які виникли в процесі експлуатації (хвилеподібний знос, дефекти контактно-втомного походження і т. д.).

В Україні шліфування рейок виконується лише на магістральних коліях та здебільшого для усунення хвилеподібного зносу поверхні голівки рейки за допомогою рейкошліфувальних поїздів (РШП) [6-8].

Мащення як гребенів коліс так і бокової поверхні голівок рейок виконується з метою зменшення коефіцієнту тертя в трібоконтакті «колесо-рейка». Ці заходи спрямовані на зменшення бокового зносу гребенів коліс та бокової поверхні голівок рейок. В Україні мащення гребенів коліс та бокових поверхонь голівок рейок виконується шляхом нанесення мастильної речовини на гребені коліс з послідуючим перенесенням на бокову поверхню рейок в місцях безпосереднього контакту (переважно в криволінійних ділянках колії) та шляхом нанесення мастильної речовини на бокову поверхню рейок з послідуючим перенесенням як на гребінь колеса так і на бокову поверхню рейки на 100-150 м. від місця установки стаціонарного рейкозмащувача. Проте мащення контактуючих поверхонь колеса та рейки (лубрикація) в разі використання на поверхнях, які уражені дефектами може сприяти розвитку раніше утворених тріщин (ефект Ребіндера).

Починаючи з середини XX сторіччя шліфування рейок стало виконуватися також і для боротьби з дефектами контактно-втомлювального походження за допомогою рейкошліфувальних поїздів з активними робочими органами, які на відміну від використовуваних раніше рейкошліфувальних поїздів з

прямолінійним рухом шліфувальних брусків давали змогу виконувати даний вид робіт більш ефективно [7-8]. В результаті досліджень, які велись в цій області вдалося суттєво знизити вихід рейок в дефектні по дефектам контактно-втомлювального походження на магістральних залізницях. Для умов метрополітену такі дослідження раніше не проводились. Саме цей факт та гостра необхідність в зменшенні виходу рейок метрополітену в дефектні спонукає на проведення досліджень, враховуючи досвід магістральних залізниць.

Підсумовуючи вищевказане можна сказати, що для зменшення виходу рейок з причин розвитку дефектів контактно-втомлювального характеру існує необхідність в створенні системи проведення шліфування рейок в колії. В випадках контактування в криволінійних ділянках колії – з використанням мащення. Проте також необхідно визначити параметри, які задовольнять умовам раціонального контактування колеса з рейкою.

Висновки з даного дослідження.

Шліфування рейок як метод боротьби з дефектами контактно-втомлювального походження на залізницях України використовується відносно недавно. Користуючись результатами іноземних науковців можливо застосувати шліфування рейок на залізницях України проте він потребує системності та безперебійності у виконанні. Лише системний підхід до шліфування рейок, що експлуатуються дасть змогу зменшити їх вихід в дефектні по причинам контактно-втомлювальних пошкоджень. З іншого боку саме відсутність системності виконання робіт по рейкошліфуванню може стати причиною як зменшення строку служби рейок так і нераціональному використанню маеріальних та людських ресурсів.

Література

1. Звіт про науково-дослідну роботу «Дослідження роботи рейок в кривих ділянках колії та розробка нормативних документів їх експлуатаційного ресурсу» [Текст] / Харків 2002. – 67 с.

2. Звіт про науково-дослідну роботу «Дослідження роботи рейок в умовах КП «Харківський метрополітен» для оцінки можливості підвищення їх експлуатаційного ресурсу» [Текст] / Харків 2011. – 63 с.

3. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка вказівок по продовженню термінів служби рейок на коліях КП «Харківський метрополітен»» [Текст] / Харків 2016. – 60 с.

4. Харрис У. Дж. Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: Вопросы взаимодействия колеса и рельса [Текст] /: Пер. с англ. У. Дж. Харрис, С. М. Захаров, Дж. Ландарен, Х. Торне, В. Эберсен. – М.: Интест, 2002. 408 с.

5. Воронин, С. В. Анализ существующих способов уменьшения бокового износа рельсов в паре трения «колесо-рельс» в кривых участках пути [Текст] / С. В. Воронин, Е. Н. Коростелёв // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – № 3. – С. 22–27.

6. Альбрехт В.Г. Профильная шлифовка рельсов [Текст] / В.Г. Альбрехт, А.П. Галунин, Л.Г. Крысанов и др. // Путь и путевое хазяйство. – 1995. – №5.

С. 12-18.

7. Потапов Д.О. Система шліфування рейок в колії рейкошліфувальними поїздами з активними робочими органами на залізницях України [Текст] / Д.О. Потапов, В.Г. Вітольберг // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.: Харків, 2006 – № 5, 6 – С. 70-73.

8. Шехватов О.О. Положення про комплексну систему шліфування рейок у колії [Текст] / О.О. Шехватов, В.Г. Вітольберг, Д.О. Потапов, А.О. Махота – К:. Імпрес, 2006. – 45 с.

9. Воронин, С. В. Моделирование контакта «колесо-рельс» по боковой поверхности пути на машине трения [Текст] / С. В. Воронин, С. С. Карпенко, Е. Н. Коростёлев // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2014. – № 148, Ч. 2. – С. 201–204.

10. Voronin S. Determination of rational roughnes of the side surface of the rail top in curved sections of the underground railway track / [Text] S. Voronin, O. Skoryk, Ye. Korostelov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. Vol. 4, Issue 1(80). – P. 11-17. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.75707.

11. Класифікація та каталог дефектів і пошкоджень елементів стрілочних переводів та рейок залізниць України [Текст].– Київ: ТОВ «Інпрес»,2013.–194 с.

ЦИТ: 316-067
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-067
УДК 66.047.6

Ломакина О.В., Воробьев А.М.

СУШКА БИОМАССЫ В АППАРАТЕ С АКТИВНЫМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ

Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112

Lomakina O.V., Vorobiev A.M.

DRYING OF BIOMASS IN THE APPARATUS WITH THE ACTIVE HYDRODYNAMIC MODE

Tambov State Technical University,
Russia, g. Tambov, ul.Michurinskaya, 112

Аннотация: В статье рассматривается работа аппарата для обезвоживания суспензии биомассы на инертном носителе. Предложен оптимальный технологический режим процесса сушки, а также новые конструкции аппаратов с активными гидродинамическими режимами.

Ключевые слова: сушилка, биопродукт, улавливание.

Abstract: The article discusses a device for dewatering of a suspension of biomass on an inert carrier. An optimal technological process of drying, and new designs of devices with active hydrodynamic regimes.

Keywords: drying unit, starch, catching.

Вступление.

В последнее время в связи с развитием энергосберегающих технологий особенно остро ощущается необходимость оптимизации утилизации сточных

вод микробиологической промышленности и в частности отходов спиртового производства, а именно картофельной барды, обладающей высокой концентрацией органических веществ. Так по данным НИИВОДГЕО количество органических веществ, сбрасываемых со сточными водами при производстве дрожжей на заводе мощностью 6 тыс. тонн дрожжей в год, эквивалентно количеству органических загрязнений, вносимых городом с населением в 250 тыс. человек. Поэтому сброс неочищенных сточных вод дрожжевого производства на городские очистные сооружения (ОС) приводит к существенным перегрузкам последних и даже выходу из строя. Институтом НИИВОДГЕО разработан «Технологический регламент биологической очистки последрожжевой бражки с получением кормовой бактериальной биомассы». Технологическим регламентом предусмотрено ведение процесса очистки сточных вод дрожжевых заводов от органических загрязнений и одновременное получение бактериальной биомассы в процессе удаления органических загрязнений. Очистка сточных вод осуществляется биологическим методом в аэробных условиях в одну или две ступени в зависимости от условий сброса сточных вод. Получаемая в результате биосинтеза бактериальная биомасса содержит 3-4 % органических веществ, которые могут быть использованы в качестве удобрений или кормовых добавок в животноводстве. Однако ограниченный срок хранения подобных биопродуктов в виде суспензий приводит к необходимости их обезвоживания.

Обзор литературы.

Одним из перспективных направлений интенсификации процесса сушки влажных материалов является использование аппаратов с активными гидродинамическими режимами –фонтанирующих и сушилок с плотными закрученными слоями. Работа подобных аппаратов характеризуется высокой степенью турбулизации теплоносителя и значительной относительной скоростью движения взаимодействующих фаз, что обеспечивает высокие технико-экономические показатели процесса. Поиск в этом направлении привел к разработке целого ряда конструкций аппаратов для сушки влажных материалов в виде паст суспензий и растворов.

Входные данные и методы.

В этой серии аппаратов за базовый принят цилиндрический аппарат с нижним вводом теплоносителя (рис. 1).

Все подобные аппараты работают по единой схеме. В сушилку помещается инертный материал (гранулы полиэтилена, полипропилена, фторопласта и т.п.). Теплоноситель воздействует на инерт и приводит его во взвешенное состояние. При этом образуется фонтанирующий слой или плотный кольцеобразный закрученный поток инертных частиц (в случае тангенциального ввода теплоносителя), в который вводится суспензия биомассы. В результате многократного принудительного прохождения частицами инертного материала зон напыления суспензии и сушки, происходит рост пленки высушиваемого материала на грануле инерта. Распределяемый по поверхности инертных частиц материал, высушивается, истирается и выносится с потоком отработанного теплоносителя. В зависимости от свойств высушиваемого

материала, требований технологии и выпускной формы продукта конкретные аппараты имеют конструктивные особенности, направленные на решение задач интенсификации тепло-массообмена, улучшения распределения влажного продукта по поверхности инертных частиц, усиления процессов истирания и скалывания высушенных продуктов с поверхности инерта. Предложения по организации процесса сушки биопродуктов и аппаратурному оформлению его являются продолжением наших ранних разработок [1,2,3]. Нами были проведены исследования процесса сушки суспензии биомассы (спиртовой барды) в аппарате представленном на рис.1 при температуре теплоносителя 150^0 С. В качестве теплоносителя предлагается использование отходящих дымовых газов технологического процесса получения спирта.

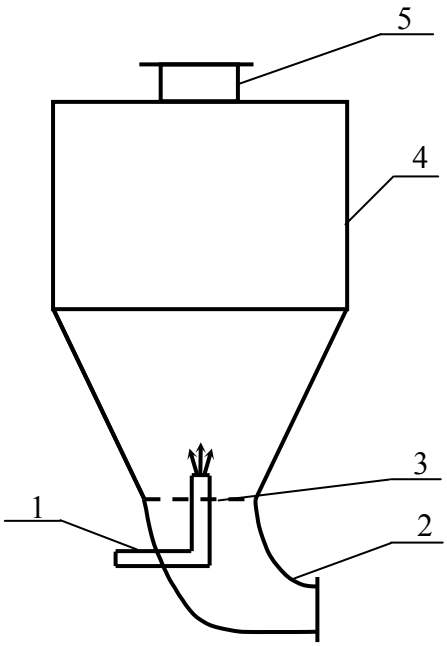


Рис.1. Установка для сушки биопродуктов

1-патрубок для ввода суспензии; 2-патрубок ввода сушильного агента; 3-поддерживающая решетка; 4-корпус аппарата; 5-патрубок вывода отработанного сушильного агента

При обезвоживании многих биопродуктов необходимо обеспечить минимальное время пребывания в зоне повышенной температуры и интенсивность процесса, а также его экономические показатели, что особенно актуально при переработке комкующихся материалов. Одним из факторов от которых зависят эти показатели является степень заполнения аппарата инертным носителем φ**.** На рис.2 показана зависимость производительности аппарата с закрученным слоем инертного материала при сушке биомассы при температуре теплоносителя 150^0 С от степени заполнения аппарата инертным носителем. Из графика видно, что максимальная производительность достигается при степени заполнения φ=0,153. Дальнейшее увеличение φ приводит к нарушению гидродинамической обстановки в аппарате и, как следствие, к снижению производительности.

При сушке материалов в аппаратах с активными гидродинамическими режимами, работающими преимущественно на вынос сухого материала, одной

из основных проблем является улавливание готового продукта. В настоящее время в промышленности широко используется многоступенчатая очистка газов, где в качестве первой ступени применяют циклоны, а во второй обычно используют рукавные фильтры. Для полного улавливания высушенных материалов на заключительной стадии очистки газов, как правило, устанавливают скрубберы.

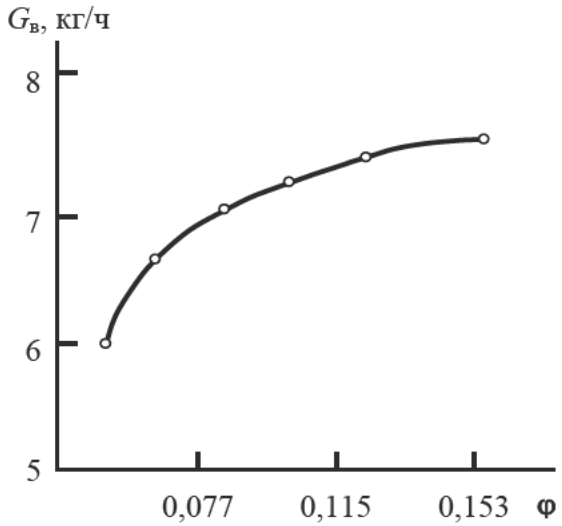


Рис. 2 Зависимость слоя производительности по испаренной влаге закрученного взвешенного слоя при степени заполнения φ=0,153

Результаты. Обсуждение и анализ.

Использование получивших в последнее время широкое распространение пылеуловителей со встречными закрученными потоками (ВЗП), позволяет снизить объем пылеулавливающей аппаратуры при высокой степени очистки. Необходимым условием для расчета пылеочистного оборудования и, в частности, аппаратов ВЗП, является знание дисперсного состава материала, выносимого из сушилки потоком теплоносителя. На рис.3 представлена гистограмма распределения частиц по размерам высушенной биомассы.

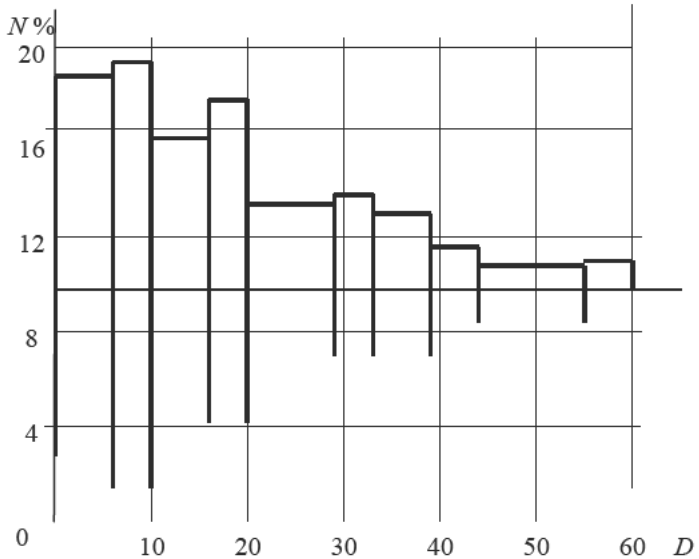


Рис. 3 Гистограмма дисперсного состава высушенной биомассы

Заключение и выводы. Организация процесса сушки суспезий биопродуктов в представленной конструкции установки позволяет осуществить технологический процесс обезвоживания при значительной экономии энергетических ресурсов, производственных площадей и снизить стоимость пылеулавливающей аппаратуры при высокой степени очистки.

Литература

1. Сушилка для суспензий и пастообразных материалов / А.М.Воробьев и др. А.с. 1383067 СССР, МКИ F 26 B 17/10, № 4117862/24-06; заявл.15.09.1986// Изобретения (заявки и патенты). 1988. Бюл.№11. 23 марта.

2. Сушилка для суспензий и пастообразных материалов/ Г.С.Кормильцин и др. А.с. 1170250 СССР, МКИ F 26 B 17/10, № 3743342/24-06; заявл. 23.05.1985// Изобретения (заявки и патенты). 1985. Бюл. №28. 30 июля.

3. Сушилка / С.П. Рудобашта и др. А.с. 1295172 СССР, МКИ F 26 B 17/10, № 3980144/24-06; заявл. 22.10.1985// Изобретения (заявки и патенты). 1986. Бюл.№9. 7 марта.

4. Сушилка для растворов, суспензий и пастообразных материалов/ С.П. Рудобашта и др. А.с. 1121564 СССР, МКИ F 26 B 17/10. № 3599818/03-06; заявл.03.06.1983// Изобретения (заявки и патенты). 1984. Бюл.№40. 30 октября 1984.

5. *Воробьев А.М.* Сушка материалов в аппарате с двухфазным закрученным потоком: автореф. дис. … канд. техн. наук. Тамбов, 1989. 17 с.

6. *Воробьев А.М., Кормильцин Г.С.* Установка для сушки биопродуктов// Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе. Сб. науч. статей Первых Международных Лыковских научных чтений. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2015. С 160-161.

7. Сушилка/ А.М.Воробьев и др. А.с. 1416828 СССР, МКИ F 26 B 17/10, № 4117861/24-06; заявл.15.09.1986// Изобретения (заявки и патенты). 1988. Бюл.№28. 15 апреля.

8. *Воробьев А.М., Кормильцин Г.С., Першин В.Ф.* Сушилка свекловичной патоки// Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2014. Т.19. Вып.3. С. 948-949.

Статья отправлена 03.10.2016 г.
Ломакина О.В.

ЦИТ: 316-127
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-127
УДК 69.002.5

Прохоров С.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННЫХ ПАРКОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ),
Владимир, Горького 87, 600000

Prohorov S.V.

INCREASE ENERGY EFFICIENCY OPERATING MACHINERY PARK CONSTRUCTION ORGANIZATIONS

Vladimir State University named after Alexander G. and Nicholas G. Stoletovs (VLSU), Vladimir, Gorky 87, 600000

Аннотация. В работе рассматривается вопрос снижения энергопотребления при эксплуатации машинных парков. Строительные машины занимают весомую часть затрат при выполнении строительно-монтажных работ и снижение потребления ресурсов, повлечет за собой повышение конкурентоспособности организации. Это может быть достигнуто за счет применения систем рекуперации, аккумулирования энергии или организационно-технологическими мероприятиями.

Ключевые слова: машинные парки, энергоэффективность, затраты на эксплуатацию, приведённые затраты

Abstract. In the paper deals with the issue of reducing energy consumption in the operation of machinery. Construction machinery has quite a large part of the costs for construction and installation work and reduced consumption of resources, will lead to an increase in the competitiveness of the organization. This can be achieved through the use of heat recovery systems, energy storage and organizational and technological measures.

Key words: machine parks, energy efficiency, operating costs, cast costs

Вступление. Падение темпов строительства на фоне осложнения внешнеполитических отношений, спровоцировало снижение уровня продаж строительно-дорожной техники. Вместе с тем строительная отрасль всегда являлась двигателем развития производства и улучшения благосостояния нации. В свете этого на данном этапе остро встает вопрос повышения энергоэффективности машинных парков и снижения затрат не только на обслуживание и ремонт, но и оптимизации эксплуатационных расходов. Дополнительным стимулом развития современного машиностроения является государственная программа импортозамещения товаров, которая в текущей момент носит номинальный характер, но может послужить хорошим «трамплином» для появления конкурентоспособной продукции и технологий.

Обзор литературы. Большинство работ направлено на оптимизацию текущего обслуживания парков техники и поддержания её в работоспособном состоянии.

В частности в работе [1] представлена математическая модель определения оптимального уровня надежности строительных машин с учетом ущерба от простоя. Методикой предусматривается комплектование парков исходя из минимума финансовых затрат на выполнение заданного объема работ.

Вопрос минимизации затрат на техническое обслуживание и ремонт техники с учетом воздействия различных природно-климатических факторов был рассмотрен в работе [2] , где одновременно рассматривалась методика составления графика ТО и Р машинных парков. Кроме этого, необходимо рассматривать вопрос о формировании необходимого запаса запасных частей и

размещения складского оборудования. Эта проблема, достаточно подробно освещена в работе[3]

Входные данные и методы. В условиях удорожания энергоресурсов и повышения экологических требований для строительной техники встает вопрос о повышении энергоэффективности использования машинных парков.

В настоящий момент в зарубежной строительной технике широко применяются системы рекуперации, аккумулирования энергии и гибридными силовыми установками. Применение данного вида систем позволяет сэкономить порядка 10-25 % энергоресурсов и повысить КПД основных узлов и агрегатов машины. Разработка и внедрение таких систем в отечественные образцы техники требует значительных экономических затрат, но гибридные установки, гидравлические аккумуляторы и системы рекуперации уже достаточно давно применяются в образцах карьерной техники, что позволяет проводить поэтапную модификацию с целью повышения энергоэффективности машин.

Конечно, современные образцы техники, обладающие высокими эксплуатационными качествами, имеют повышенную стоимость, но на фоне удорожания энергоресурсов их применение в долгосрочной перспективе перейти на новый уровень в плане энергосбережения при выполнении СМР.

Ещё одним решением, направленным на снижение энергопотребления, могут являться организационные решения.

Среди таких мероприятий можно выделить:

1. Применение системы 2D и 3D позиционирования и планировки при производстве земляных работ;
2. Использование блочного метода монтажа и подача материала в кассетах;
3. Использование многофункциональных машин и механизмов;
4. Организация работ с применением ночной смены для энергозатратных работ;
5. Использование систем GPS позиционирования при контроле качества и производстве монтажных работ.

Результаты. Обсуждение и анализ. Для решения задачи необходимо произвести сравнение экономической эффективности того или другого варианта. Это может быть сделано путем выбора минимальных затрат приведенных к единице объемов работ:

Для решения этой задачи необходимо произвести сравнение экономической эффективности того или другого варианта. Это может быть сделано путем выбора минимальных затрат приведенных к единице объемов работ:

$$y_{ij} = \left| \frac{\frac{C_{ij}^{H} * k_{ti} * k_{vi} * k_{ri}}{V_j}}{\frac{C_{ij} * k_{ti} * k_{vi} * k_{ri}}{V_j}} \right| \rightarrow \min \qquad (\text{руб/м}^3) \qquad (1)$$

где $C_{ij}^{H} * k_{ti} * k_{vi} * k_{ri}$ - стоимость эксплуатации новой машины (с уменьшенным

потреблением топлива); $C_{ij} * k_{ti} * k_{vi} * k_{ri}$ - стоимость эксплуатации имеющейся в парке машины; k_{ti} - коэффициент, учитывающий влияние температуры на удорожание работ; k_{vi} - коэффициент, учитывающий влияние возраста техники на стоимость эксплуатации; k_{ri} - коэффициент, учитывающий влияние условий эксплуатации и структуры работ; V_j - объем работ на объекте.

На предварительной стадии можно осуществить отбор вариантов на основании сравнения затрат энергоресурсов на выполнение работ

$$E = \sum_{i=1}^{n} E_i * n_{ij} * K_{pi} \quad (2)$$

где E_j - норма потребления энергоресурсов ; K_{pi} - коэффициент загружения силового оборудования. n_{ij} - количество машин данного типоразмера

Решая задачу одним из математических методов, находим оптимальный парк с точки зрения энергоэффективности или минимальных приведенных затрат. Для стимулирования повышения энергоэффективности нужно принимать налоговые льготы для организаций, применяющих современную и экологичную технику.

Заключение и выводы. Российские образцы строительной техники в текущий момент не могут составить жесткой конкуренции машинам зарубежного производства, вследствие ограниченной номенклатуры машин, отсутствия передовых решений и большом количестве импортных составляющих. Однако если использовать зарубежный опыт в области автоматизации строительно-монтажных работ и применить новейшие системы контроля за техническим состоянием, энерго и ресурсосбережением, то можно с одной стороны «продлить жизнь» существующим машинным паркам, а с другой произвести «омоложение» и накопить опыт работы с применением энергоэффективных технологий. Инвестиции, вкладываемые в машиностроение приведут к увеличению занятости населения, возрождению производства в основных отраслях государства и как следствие снизят импортозависимость. Закрепление на законодательном уровне налоговых льгот для организаций обновляющих технику и применяющих энергосберегающие технологии позволит ускорить процесс и заинтересовать реальный сектор экономики.

Литература:

1. Гринчар Н.Г, Кузьмин Д.В. Математическая модель определения оптимального уровня надежности строительных машин с учетом ущерба от простоя // Механизация строительства. — 2013. — № 3. — с. 18-21.

2. Прохоров С.В. Методика составления графика технического обслуживания машинных парков на основе оценки воздействия эксплуатационных факторов // Научно-технический вестник Поволжья , 2015, №2. - с.161-163

3. Ким Б.Г., Прохоров С.В. Формирование графика технического обслуживания и ремонта машинных парков с расчетом потребности в

запасенных элементах и складских помещениях // Механизация строительства». – 2015.-№8- с.14-15

Статья отправлена: 06.10.2016 г.
© Прохоров С.В.

ЦИТ: 316-139
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-139
УДК 620.22:661.666

Скачков В.А., Иванов В.И., Нестеренко Т.Н., Мосейко Ю.В.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ УПЛОТНЕНИЯ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Запорожская государственная инженерная академия,
Запорожье, Соборный 226, 69006

Skachkov V.A., Ivanov V.I., Nesterenko T.N., Mosejko Yu.V.

ANALYS OF COMPRESSION PROCESSES FOR POROUS CARBON COMPOSITE MATERIALS BY PYROCARBON

Zaporozhe State Engineering Academy,
Zaporozhe, Soborny 226, 69006

Аннотация. Выполнен анализ методов уплотнения пористых углеродных композиционных материалов пироуглеродом из газовой фазы. Показаны их преимущества и недостатки в условиях стационарности и пульсаций давлении реакционного газа.

Ключевые слова: углеродные композиционные материалы, методы уплотнения, пироуглерод

Abstract. There is carried out analysis of compression methods for porous carbon composite materials by pyrocarbon from gas phase. There are showed its advantages and defects in condition of stationarity and pulsation of pressure for reaction gas.

Key words: carbon composite materials, compression methods, pyrocarbon

Вступление.

Получение углеродных композиционных материалов предполагает заполнение пористой структуры карбонизованных углепластиков пироуглеродом, осаждаемым из газовой фазы при пиролизе природного газа.

Основная часть исследований

При прохождении в проточном термохимическом реакторе гомогенных реакций образуется комплекс предельных и непредельных углеводородов, а также ряд радикалов [1,2]. Продукты гомогенных реакций и природный газ диффундируют в пористую структуру карбонизованного углепластика и, разлагаясь на нагретых стенках пор, образуют пироуглерод.

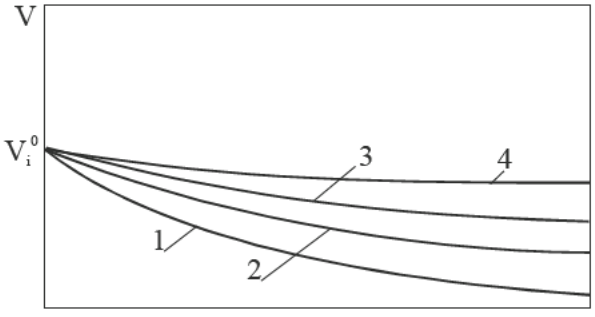
Для изотермического процесса изменение скорости осаждения пироуглерода по длине поры представлено на рис. 1.

Кривые соответствуют уравнению (1) с учетом соотношения (2).

$$V_i = k_i \cdot C_i \ ; \qquad (1)$$

$$C_i = C_i^0 \cdot \exp\left[-\left(\frac{2k_i}{r \cdot D_i}\right)^{0,5} \cdot l\right], \qquad (2)$$

где V_i, k_i - скорость осаждения и константа скорости образования пироуглерода из i-го углеводорода соответственно; C_i, C_i^0 - концентрация i-го углеводорода в реакторе и в устье поры соответственно; D_i - коэффициент диффузии i-го углеводорода; r, l - радиус поры и координата по ее длине соответственно.

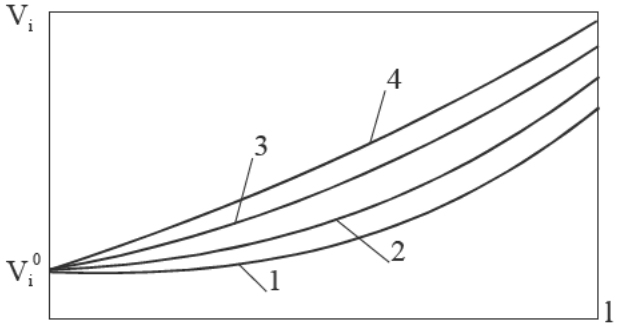


1 - $W_1 = 0$; 2 - W_2; 3 - W_3; 4 - W_4. $(W_1 < W_2 < W_3 < W_4)$

Рис. 1. Изменение скорости осаждения пироуглерода по длине поры при изотермическом процессе

Установлено, что количество осажденного пироуглерода уменьшается по длине поры и на достаточном удалении от ее устья процесс ее заполнения отсутствует. Повышение скорости подачи реакционного газа W в пору не обеспечивает качественного изменения процесса осаждения пироуглерода.

В условиях термоградиента наложение на процесс диффузии принудительной подачи реакционного газа со скоростью W увеличивает скорость осаждения пироуглерода (рис. 2).



1 - $W_1 = 0$; 2 - W_2; 3 - W_3; 4 - W_4. $(W_1 < W_2 < W_3 < W_4)$

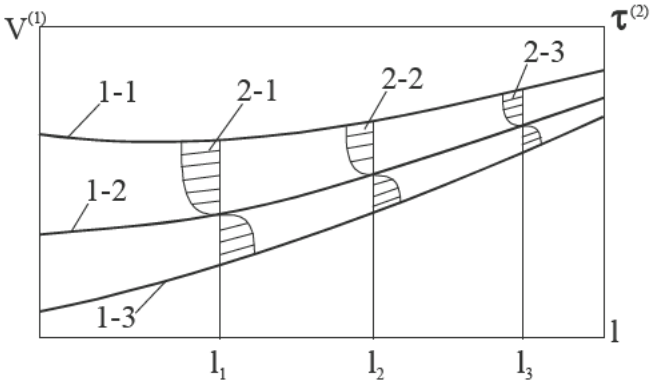
Рис. 2. Изменение скорости осаждения пироуглерода по длине поры в условиях термоградиента

Изотермический процесс уплотнения углепластика в условиях пульсирующего давления реакционного газа представлен решением (3).

$$C_i = C_i^0 \cdot \exp\left[-\left(\frac{r \cdot \omega^2}{D_i} + \frac{2k_i}{r \cdot D_i}\right)^{0,5} \cdot \cos\varphi \cdot l\right] \cdot \cos\left(\frac{l}{(r \cdot D_i)^{0,5}} \cdot \sin\varphi\right) \cdot \cos\omega\tau, \qquad (3)$$

где $\varphi = 0,5 \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{r \cdot \omega}{2k_i}\right)$; $\omega = 2\pi / \Omega$ - круговая частота.

Концентрация реакционного газа в каждой точке по длине поры изменяется в пределах от максимального заполнения (рис.3, кривая 1-1) до минимального (рис.3, кривая 1-3). По мере удаления от устья поры процесс уплотнения приближается к простому изотермическому процессу.



1-1 - $\omega = 8\ \pi/T$; 1-2 - $\omega = 0$; 1-3 = - $8\ \pi/T$; 2-1 - l_1; 2-2 - l_2; 2-3 - l_3

Рис. 3. Изменение при изотермическом процессе концентрации реакционного газа по длине поры в условиях пульсирующего давления

Пульсации давления реакционного газа не вносят принципиальных изменений в процесс осаждения пироуглерода, увеличение скорости осаждения пироуглерода по длине поры не наблюдается, процесс заполнения пор заканчивается после момента зарастания ее устья.

Термоградиентный процесс в условиях пульсирующего давления без принудительной подачи реагирующего газа в пористую структуру представлен решением (4) и с принудительной подачей газа - решением (5).

$$\tilde{N}_i = \tilde{N}_i^0 \cdot \sin \operatorname{artg} \exp(f_2) \cdot \exp\left\langle \sin^2 \operatorname{arctg}\ f_2 \cdot \left(\gamma - 0,25\theta^2 - 1\right) \cdot l - z \cdot \exp\left[2(\alpha - \theta)\right] \cdot l \cdot \right.$$
$$\left. \cdot \left[\exp\left(k_i \cdot \exp(\alpha \cdot l)\right) - \exp k_i\right] - l \right\rangle \cdot \cos(\omega \cdot \tau)\ ; \qquad (4)$$

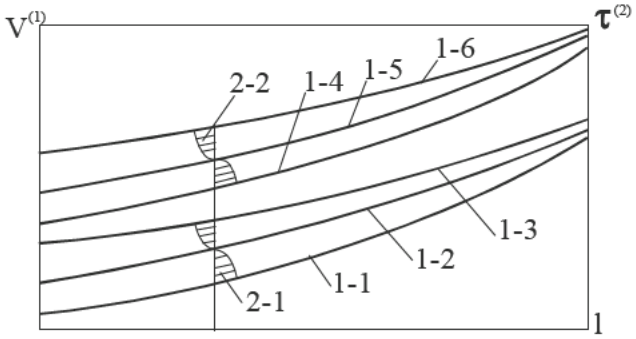
$$C_i = C_i^0 \cdot \exp(k_i) \cdot \exp\left[\frac{1}{W} \cdot \left(\frac{4k_0^2}{r^2 \cdot \beta^2} \cdot \exp 2(\beta \cdot l + k_i) + \omega^2 \cdot l^2\right)^{0,5} \cdot \right.$$
$$\left. \cdot \cos \operatorname{arctg}\left(\frac{\omega \cdot r \cdot \beta \cdot l}{2k_0} \cdot \exp(-k - \beta \cdot l)\right)\right] \cdot \cos(\omega \cdot \tau)\ , \qquad (5)$$

где $f_2(l) = \left(1 + 0,25\theta^2 + \gamma\right) \cdot l - z \cdot \exp(\alpha - \theta) \cdot l \cdot \left[\exp\left(k_i \cdot \exp(\alpha \cdot l)\right)\right] - \exp k_i$; $\gamma = \omega \cdot j$;

$j = (-1)^{0,5}$; $\beta = \frac{k_i}{\delta} \cdot \left[\exp(\alpha \cdot \delta - 1)\right]$.

Изменение скорости осаждения пироуглерода по длине поры для данного случая приведено на рис. 4.

С удалением от устья поры влияние пульсаций давления газа снижается, однако увеличение скорости W вынужденной подачи реакционного газа в пористую структуру углепластика обуславливает значительное ускорение процесса заполнения пор пироуглеродом.



1-1, 1-2, 1-3; 2-1 - W_1; 1-4, 1-5, 1-6; 2-2 - W_2; $W_1 < W_2$

Рис. 4. Изменение скорости осаждения пироуглерода при термоградиентном процессе в условиях пульсирующего давления

Выводы.

Анализ процессов заполнения пористой структуры углепластика пироуглеродом из газовой фазы позволяют установить:

- использование пульсирующего давления реакционных газов не приводит к снижению длительности процесса уплотнения и увеличению объема осажденного пироуглерода в пористой структуре;

- принудительная подача реакционного газа в пористую структуру в условиях изотермического процесса увеличивает количество осажденного пироуглерода в объеме углепластика, однако эффективность процесса ограничивается моментом зарастания устья пор;

- принудительная подача реакционного газа в условиях термоградиентного процесса увеличивает скорость осаждения пироуглерода по длине поры и обуславливает снижение времени процесса уплотнения.

Литература:

1. Макаров К.И., Печик В.К. Исследование кинетики термохимического превращения метана. Гетерогенные реакции // Кинетика и катализ. – 1975. – Т. XVI. – Вып. 6. – С. 1484-1490.

2. Макаров К.И., Печик В.К. Исследование кинетики термохимического превращения метана. Гомогенно-гетерогенная реакция // Кинетика и катализ. – 1975. – Т. XVI. – Вып. 6. – С. 1491-1500.

Статья отправлена: 07.10.2016 г.

© Скачков В.А., Иванов В.И., Нестеренко Т.Н., Мосейко Ю.В.

ЦИТ: 316-141
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-141
УДК 539.37, 535.4

Зиновьев В.Б., Шведов В.Н., Ким Л.И.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАБИВКИ НАГЕЛЕЙ ОГНЕСТРЕЛЬНЫМ СПОСОБОМ

Новосибирский государственный архитектурно- строительный университет, Россия Новосибирск, ул. Ленинградская 113, 630008

Zinoviev V.B., Shvedov V.N., Kim L.I.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF DEPTH NAGEL SCORING GUNSHOT WAY.

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)
113 st. Leningradskaj, Novosibirsk 630008, Russia

Аннотация. Экспериментальным путем исследована зависимость глубины забивки нагелей от влажности древесины и мощности патронов. Предложена экспоненциальная аппроксимация данной зависимости.

Ключевые слова: Соединение деревянных элементов, нагели крестообразного сечения, огнестрельная забивка.

Annotation. Experimentally, the dependence of the depth of plugging pegs of wood moisture and capacity cartridges. An exponential approximation of this dependence.

Keywords: Connection of wooden elements, nageli cross-shaped cross-section, a gunshot pile.

Вступление.

Будучи в лидерах мирового запаса лесных ресурсов, в деревянном домостроении наша страна катастрофически отстает в области деревянного домостроения от западных стран. Например, в Северной Америке и Скандинавских странах на 1м^2 построенного жилья приходится 0,6—0,7 м^3 деревянных материалов. В России же этот показатель только 0, 05м^3 (и это с учетом развития отрасли на протяжении последних 5-ти лет!). Во всех развитых странах основная целевая аудитория для деревянного домостроения – средний класс. В России же древесина относится к материалам для элитного новостроя. Цена на оцилиндрованные бревна, клееный брус, массивную клеенную древесину – материалы всем знакомые и проверенные временем – действительно высока, а новым технологиям большая часть населения попросту не доверяет.

Основные мотивы, согласно которым приоритеты российских потребителей склоняются деревянному домостроению: экологичность – дерево не только считается самым здоровым стройматериалом для дома, но и наиболее комфортным в плане создания физического и психологического комфорта для человека; высокая теплоемкость – правильно сконструированный деревянный дом позволяет сэкономить средства на обогреве помещения; потенциальная доступность древесины как сырьевой базы, благодаря обширным ресурсам страны и программе государственного развития отрасли; короткий срок строительства зданий, по сравнению с железобетонными и кирпичными домами.

Это направление должно затронуть не только техническое обеспечение производства, а и разработку новых методов ведения строительства.

Обзор литературы.

При соединении строительных конструкций из древесины часто применяют нагели круглого сечения, устанавливаемые в предварительно просверленные отверстия [1]. Это соединение имеет как преимущества, так и

недостатки, основным из которых является высокая трудоемкость.

Одним из перспективных направлений является применение нагелей крестообразного сечения, забиваемых огнестрельным способом при изготовлении или ремонте деревянных конструкций. Для огнестрельной забивки таких нагелей возможно использование отечественных строительно-монтажных пороховых инструментов, например, строительно-монтажный пистолет ПЦ 52-1, ПЦ-84 и его модификации. При этом необходимо модернизировать пистолет, изменив форму наконечника и направителя. Применение монтажных пороховых инструментов обладает неоспоримыми преимуществами в сравнении с другими инструментами, применяемыми в аналогичных случаях: широкая маневренность, отсутствие потребности в посторонней энергии (сжатый воздух или электроэнергия), что уменьшает трудоемкость изготовления узловых соединений, деталей и, как следствие, общую стоимость возводимых конструкций. Применение огнестрельного способа забивки нагелей позволяет изготовить и смонтировать строительные конструкции в кратчайшие сроки, например, при ремонтных или восстановительных работах.

В работах [2,3] с помощью оптических методов исследования деформированного состояния [4- 8] определялось допустимое расстояние между осями нагелей. При этом предполагалось, что возмущение, вызванное забивкой нагеля, убывает по экспоненциальному закону [9]. Однако, в работах не рассматриваются критерии выбора мощности патрона в зависимости от необходимой глубины забивания нагеля, влажности древесины и размеров поперечного сечения крестообразного нагеля, что препятствует широкому внедрению данного метода в строительную практику.

Входные данные и методы.

В строительно-монтажных пистолетах российского производства используются патроны двух типов: с шифром Д (длинные); с шифром К (короткие). По весу порохового заряда и мощности строительно-монтажные патроны шифров К и Д подразделяются на 4 номерных типа. Самому мощному в обеих группах присвоен красный цвет, самому слабому — белый.

Энергоотдача возрастает с увеличением номера типа, так для патрона К1 энергоотдача составляет 548 Дж., а для К4 - 795 Дж., а для патрона Д1 - 874 Дж и для патрона Д4 - 1174 Дж. В ходе предварительных испытаний было определено, что мощности патронов К1 – К3 недостаточна для забивки нагелей, поэтому испытания проводились и использованием патронов К4, Д1, Д2, Д3, Д4.

Забивание производилось четырех типа размеров прямолинейных нагелей крестообразного поперечного сечения с габаритными размерами поперечного сечения 10х10 мм, 12х12 мм, 16х16 мм, 22х22 мм. Нагели имели ножевую коническую заточку. Во всех случаях толщина ребра креста в поперечном сечении составляла 3 мм. При забивании брус укладывался на горизонтальную жесткую поверхность, модернизированный строительно-монтажный пистолет с забиваемым нагелем устанавливался вертикально к поверхности и прижимался максимальным усилием человека. Величина вертикальной нагрузки не

контролировалась. Каждый тип нагеля отстреливался, минимум, десять раз. Результаты испытаний, резко отклоняющиеся от средних величин (обычно в меньшую сторону), отбрасывались.

В таблице 1 приведены результаты экспериментальных исследований по определению глубины забивания нагеля в зависимости от мощности патрона, влажности древесины и габаритных размеров нагеля. Данные, приведенные в таблице, являются среднеарифметическими значениями по результатам, минимум, десяти испытаний.

Таблица 1

Габаритные размеры сечения нагеля мм	Глубина забивки нагеля в зависимости от мощности патрона и влажности древесины W, см.						
	W=25% Д1	W=15% Д2	W=8% Д3	W=8% Д4	W=25% К4	W=15% К4	W=8% К4
10x10	10.5	-	-	-	9.7	8.5	7.0
12x12	8.0	10.0	-	-	7.0	6.0	5.5
16x16	5.0	6.0	7.0	10.0	-	-	-
22x22	3.0	5.0	6.0	8.0	-	-	-

При обработке полученных результатов было предположено, что глубина забивания экспоненциально убывает с увеличением габаритного размера нагеля:

$$S = S_0 e^{-\frac{H}{\lambda}}$$

Здесь S - глубина забивки нагеля; H - габаритный размер нагеля; S_0 - константа, зависящая от влажности древесины; λ - постоянная затухания; Е-….?

Для определения величин S_0 и λ данные, полученные для древесины с влажностью 25% и 15% и патронов Д1 и Д2, были построены в логарифмическом масштабе. По оси абсцисс откладывались величины габаритных поперечных размеров нагеля, по оси ординат натуральный логарифм от глубины забивания. Оказалось, что это две параллельные прямые. По углу наклона прямых было определено λ, равным примерно 9 см. Используя полученную величину, были вычислены значения S_0 для влажности 25% и 15%. Для влажности 25% S_0= 31 см., а для влажности 15% S_0=39 см. Полученные результаты позволяют прогнозировать глубину забивания нагелей, размеры которых не приведены в таблице. Так, нагель с габаритным размером 15 мм в древесину влажностью 15% будет забит патроном Д2 на глубину порядка 7,5 см, а нагель габаритным размером 10 мм, при тех же условиях, будет забит на 13,5 см.

Следует отметить, что полученные результаты, вследствие небольшого количества экспериментальных данных, носят предварительный характер. Кроме того, при проведении испытаний было замечено, что большое влияние на глубину забивки нагеля оказывает сила, приложенная к рукоятке монтажного пистолета. С точки зрения экспериментатора, уменьшение

нагрузки на пистолет при забивке нагеля приводило к уменьшениям глубины забивания. Эти результаты были исключены из использованных данных, но сформировали направление дальнейших исследований.

Литература:

1. Попов А.М., Зиновьев В.Б., Сподарева Л.А. Деформированное состояние мостовых конструкций вблизи нагеля круглого сечения.- Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 3. С. 77-80.

2. Зиновьев В.Б., Шведов В.Н., Попов А.М. О расстановке нагелей крестообразного сечения в соединении деревянных элементов.- Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С.127-131.

3. Столповский Г.А., Жаданов В.И., Аркаев М.А., Зиновьев В.Б. Особенности расстановки витых стержней в узловых сопряжениях деревянных конструкций. - Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. №5 (665). С.91-97.

4. Жилкин В.А., Зиновьев В.Б. Возможные методы расшифровки голографических интерферограмм, записанных у поверхности металлизированных растров. В сборнике: Механика деформируемого тела и расчет транспортных сооружений. Новосибирск, 1980. С.113-120.

5. Жилкин В.А., Зиновьев В.Б., Горбунова Т.В. Исследование анизотропных задач механики деформируемых тел методом голографического муара.- Механика композитных материалов. 1983. № 2. С. 341-347.

6. Жилкин В.А., Зиновьев В.Б. Расшифровка интерференционных картин в методе голографического муара. –Журнал технической физики. 1986. Т. 56. № 1. С. 113.

7. Gerasimov S.I., Zhilkin V.A., Zinoviev V.B. Superposed holographic interferometers – recent developments. В книге: Lasers and their application IV National conference and technical exhibition with international participation: abstracts. 1990.С.104-105

8. Жилкин В.А., Зиновьев В.Б., Герасимов С.И. Моделирование элементов строительных конструкций с использованием накладных голографических интерферометров. В книге: Экспериментальное исследование инженерных сооружений (методы, приборы, оборудование, метрологическое обеспечение). Тезисы докладов VII Всесоюзной конференции. 1991. С. 258.

9. Жилкин В.А., Зиновьев В.Б. Определение зоны краевого эффекта с помощью метода голографического муара.- Прикладная механика и техническая физика. 1986. Т. 27. № 5 (159). С. 132-135.

ЦИТ: 316-063
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-063
УДК 537.86

Прасатх А.К., Кузьменко И.Ю., Муксунов Т.Р., Якубов В.П.

БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В РАДИОТОМОГРАФИИ

Томский государственный университет,
Томск, пр. Ленина 36, 634050

Prasath A.K., Kuzmenko I. Yu., Muksunov T.R., Yakubov V.P.

WIRELESS DATA TRANSMITTING IN RADIOTOMOGRAPHY

Tomsk State University,
Tomsk, Lenina 36, 634050

Аннотация: в статье демонстрируется применение технологии беспроводной передачи данных в радиотомографии. Приводится описание технического устройства, обеспечивающего прием и передачу данных. Показано совмещение этого устройства с существующей радиотомографической системой. Сделан вывод, что при беспроводной передаче данных от сканирующего модуля к модулю обработки данных качество восстановленного радиоизображения не ухудшается.

Ключевые слова: Беспроводная передача данных, радиотомография, радиоизображение.

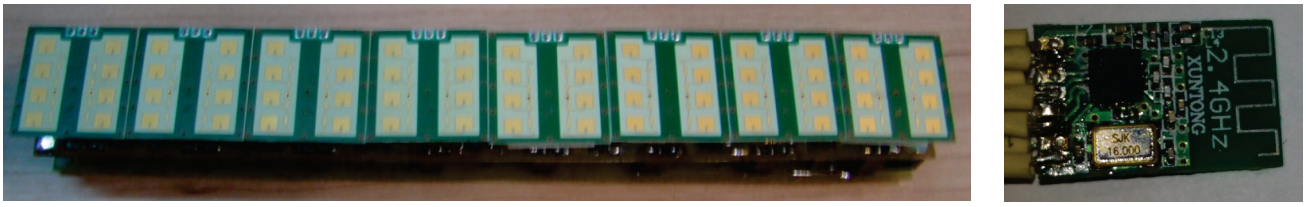
Abstract: the article demonstrates usage of wireless data transmitting technology in radiotomography. Wireless data transmitting and receiving device is described. The device was integrated in existing radiotomograhy system. In conclusion wireless data transmitting between scanning and processing modules allows radioimage restoration without quality dropping.

Key words: Wireless data transmitting, radiotomography, radioimage.

Вступление

Одним из направлений развития радиоволновой томографии является увеличение портативности сканирующих устройств. Одной из областей их применения является обеспечение безопасности в местах массового скопления людей [1-7]. В таких случаях как проведение массовых мероприятий вне специально подготовленных помещений требуется обеспечить быструю развертку вспомогательных технических устройств. Для упрощения этой задачи желательно максимально облегчить проведение пусконаладочных работ. Для этой цели в данной статье рассматривается способ реализации беспроводной связи между сканирующей антенной решеткой и ПК оператора, на котором производится обработка полученной информации.

На рисунке 1а изображена матрица микроволновых приемопередатчиков, обеспечивающая сбор информации, необходимой для восстановления радиоизображения сканируемого объекта [1,6].



а) б)

Рис. 1. Матрица датчиков RSM 2650 (а) и приемопередатчик nRF24L01(б)

В радиотомографических системах сканирующий модуль в ряде случаев является подвижным в связи с применением датчиков, в основе работы которых

лежит эффект Доплера, а так же из-за необходимости сформировать достаточно большую плоскость сканирования. В этом случае проводная связь сканирующего модуля с устройством управления означает необходимость использования кабеля большой длины, испытывающего постоянные механические нагрузки и деформации в процессе работы, что ведет к ухудшению надежности устройства.

Беспроводная связь способна не только решить эту проблему, что упростит монтаж и эксплуатацию, но и расширить возможности системы, позволив реализовать параллельный сбор и обработку информации от множества сканирующих модулей, находящихся на значительном удалении от устройства управления.

Интеграция беспроводных приемопередатчиков в устройство радиотомографии

Для реализации беспроводной связи был выбран приемопередатчик nRF24L01, изображенный на рисунке 1б. Он работает в диапазоне частот 2,4-2,5 ГГц и обладает встроенным генератором несущей частоты с усилителем мощности. В программной части имеется встроенная поддержка протокола SPI для связи с устройством управления, в качестве которого был использован микроконтроллер STM32F4.

Рисунок 2 демонстрирует обобщенную структурную схему сканирующей системы, дополненной беспроводной связью с устройством управления.

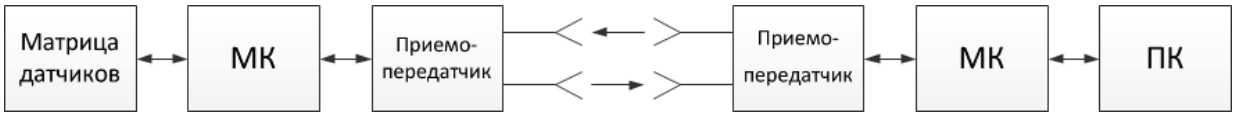


Рис. 2. Структурная схема системы

На рисунке 3 показана блок-схема алгоритма, непосредственно реализующего беспроводной обмен информацией. В момент включения всей системы приемопередатчик на стороне сканирующего модуля находится в режиме приемника, ожидая команды от модуля управления, у которого приемопередатчик (ПП) устанавливается в режим передачи данных. Команда на запуск сканирующего устройства передается оператором посредством управляющей программы к микроконтроллеру, который через свой ПП передает эту команду второму микроконтроллеру, осуществляющему непосредственное управление сканером.

После начала процесса сканирования направление обмена информацией меняется на противоположное, и получаемые данные передаются на ПК оператора для обработки и вывода результата. Передача данных ведется в пакетном режиме с проверкой контрольной суммы для каждого пакета. При отрицательном результате проверки происходит повторная попытка передачи пакета, потеря данных при этом исключена за счет буферизации на передающей стороне.

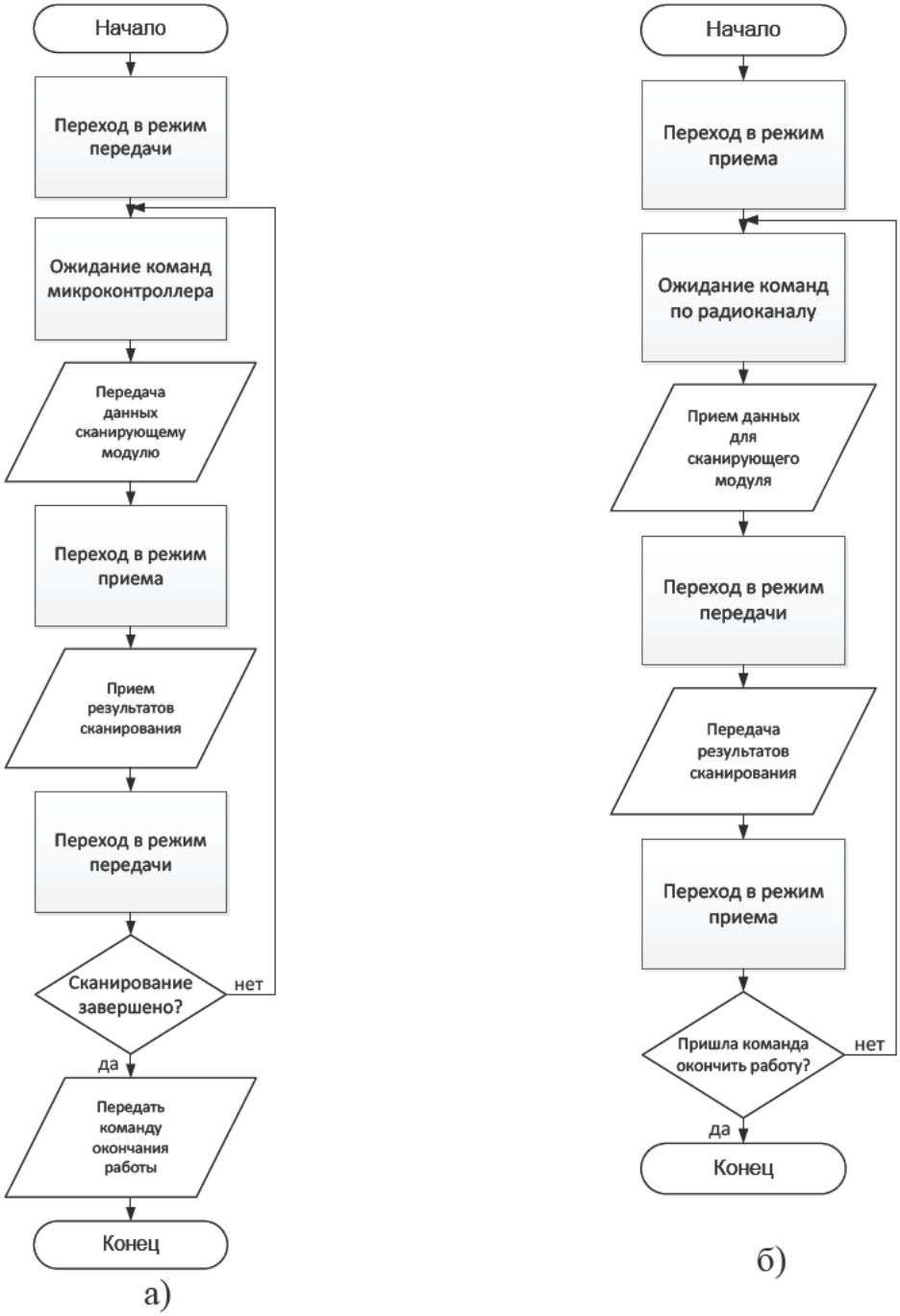


Рис. 3. Алгоритмы работы приемопередатчика

а) на стороне оператора и б) на стороне сканирующего модуля

Заключение и выводы

Для проверки работоспособности дополненной системы был проведен эксперимент по восстановлению радиоизображения с использованием беспроводного способа передачи данных. Как видно из рисунка 4, радиоизображение восстановлено с удовлетворительным качеством. Разработанный способ беспроводной передачи данных применим в радиотомографии.

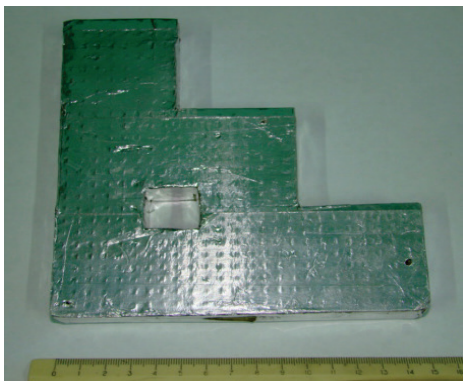
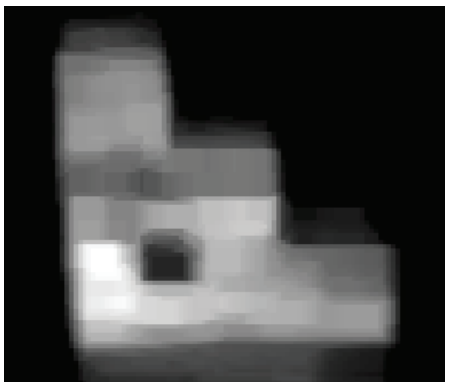

а)

б)

Рис. 4. Тестовый объект: фотография (а) и его радиоизображение (б)

Литература:

1. Федянин И. С., Кузьменко И. Ю. , Муксунов Т. Р. , Шипилов С. Э. , Якубов В. П., Козлов А. В. Система радиовидения на основе решетки микроволновых датчиков // Контроль. Диагностика. 2012. № 13. С. 141–145. ISSN: 0201-7032.
2. Satarov R. N. , Kuz'menko I. Yu., Muksunov T. R. , Klokov A. V. , Balzovskii E. V. , Buyanov Yu. I., Shipilov S. É. , Yakubov V. P. Switched ultrawideband antenna array for radio tomography // Russian Physics Journal. 2013. V. 55. No. 8. P. 884–889. doi: 10.1007/s11182-013-9896-8
3. Joaquim F.-G. A Novel 3-D Subsurface Radar Imaging Technique // IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing. 2002. V. 40. No. 2. P. 443-452. doi: 10.1109/36.992808
4. Groenenboom J., Yarovoy A.G. Data processing for a landmine detection dedicated GPR //In Eighth Intl. Conference on Ground Penetrating Radar. 2000. P. 367-371. doi: 10.1117/12.383530
5. Локшин Г. Р., Основы радиооптики: Учебное издание. Издательский Дом «Интеллект», 2009. 344 с. ISBN 978-5-91559-020-4
6. Якубов В.П., Шипилов С.Э., Суханов Д.Я., Клоков А.В., Радиоволновая томография: достижения и перспективы, 2-е изд., испр. и доп. Изд-во НТЛ, 2016. 264 с. ISBN 978-5-89503-573-3
7. Kuzmenko I.Y., Muksunov T.R., Yakubov V.P. LFM locator for hidden objects tomography // CriMiCo 2014 International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology Conference Proceedings. 2014. P. 1013-1014. doi: 10.1109/CRIMICO.2014.6959738

Статья подготовлена в рамках гранта РНФ №16-19-10272
Статья отправлена: 07.10.2016 г.
© Прасатх А.К.

ЦИТ: 316-106
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-106
УДК 621.391.8

Михалевський Д.В., Городецька О.С.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ MIMO У СТАНДАРТІ 802.11

Вінницький національний технічний університет
Вінниця, Хмельницьке шосе 95, 21021

UDC 621.391.8

Mikhalevskiy D.V., Horodetska O.S.

FEATURES OF MIMO TECHNOLOGY IN 802.11 STANDARD

Vinnytsia National Technical University
Vinnytsia, 95 Khmelnytske shose, 21021

Анотація. В даній роботі проведено дослідження технології MIMO у стандарті 802.11, яка отримала досить широкого поширення у безпровідних мережах. Для цього було запропоновано її аналіз як безпровідний канал в якому існує множина підканалів, що займають однаковий частотний ресурс та описується двома групами розширень канального та фізичного рівнів.

Під час проведення досліджень встановлено що, використання одночасно декількох антен випромінювання повино збільшувати зону впевненого прийому сигналу та наявність паралельних просторових каналів дозволяє збільшувати пропускну здатність потоку. Але в такому випадку це приводитьдо виникнення цілого ряду дестабілізуючих факторів, які потребують подальших досліджень у реальних умовах.

Ключові слова: ефективна швидкість передачі інформації, стандарт 802.11Wi-Fi, 802.11n, 802.11ac, безпровідний канал.

Abstract. In this paper, the research in MIMO technology standard 802.11, which was fairly widespread in wireless networks. This was offered her analysis as a wireless channel in which there is a plurality of sub-channels, occupying the same frequency resource and described two groups of extensions channel and physical levels.

During the studies found that while the use of multiple antennas radiation ought to increase the zone of confident reception and the existence of parallel spatial channels can increase throughput flow. But in this case it gives rise emergence of a number of destabilizing factors that require further research in the real world.

Keywords: effective transfer rate, network 802.11 Wi - Fi, 802.11n, 802.11ac, wireless channel.

Вступ

Найголовнішою структурною одиницею сучасних безпровідних мереж, є безпровідний канал, характеристики якого мають найбільший вплив на критерії якості, де одним із головних є пропускна здатність каналу [1]. Із розвитком телекомунікаційних мереж, мереж обчислення і зберігання даних, а також враховуючи тенденції розвитку комункаційних та інфокомунікаційних послуг можна стверджувати, що існуючих ресурсів каналів передачі інформації є недостатньо. Тому постійно створюються і впроваджуються нові методи для покращення їх характеристик, а також збільшення пропускної здатності.

Постановка проблеми та огляд літератури

Одним із методів збільшення пропускної здатності є технологія використання декількох передавальних і приймальних антен, яка отримала досить широкого поширення у багатьох сучасних стандартах безпровідних мереж. Така технологія отримала назву «MIMO» (Multiple Input Multiple Output). Це система з n передавальними і m приймальними антенами, яка здатна

забезпечити теоретичну пікову пропускну здатність у n раз більшу (якщо n=m), ніж системи з однією парою антен [2]. Це досягається за рахунок того, що передавач розбиває потік даних на незалежні послідовності бітів і пересилає їх одночасно, використовуючи масив антен. По суті, це можна представити як безпровідний канал в якому існує множина підканалів, які займають однаковий частотний ресурс, що приводить до виникнення додаткових вимог для передачі інформації, які потребують вирішення. Наприклад, підвищення максимального значення коефіцієнта сигнал/шум досягається за рахунок збільшення конфігурації антен nxm [3]. Також можливо додатково застосовувати до максимального значення коефіцієнта сигнал/шум прості лінійні методи передачі та прийому сигналу для підвищення ефективності каналу передачі [4]. Але найбільш важливою задачею є знаходження максимально можливої кількості необхідних параметрів та оцінок їх залежностей від особливостей безпровідного середовища передачі. Для цього насамперед необхідно виконати аналіз самої технології MIMO для стандарту 802.11, що спробуємо зробити в даній роботі.

Технологія MIMO у стандарті 802.11

Як відомо, особливістю сімейства стандартів 802.11x є залежність пропускної здатності каналу від багатьох факторів які можуть мати як постійний характер, так і випадковий [1]. Починаючи із стандарту 802.11n існує можливість використання технології MIMO яку можна охарактеризувати як дві групи розширень канального та фізичного рівнів. Вони дозволяють встановлювати різні режими роботи точок доступу. Розглянемо їх.

До першої групи розширень можна віднести просторове мультиплексування (SM – spatial multiplexing), формування вузько-направленого променя (TxBF – transmit beamforming), просторово часове блокове кодування (STBC – space-time block coding), використання кодів із малою густиною перевірок на парність (LDPC – low density parity check), метод вибору антени (ASEL) і технологія об’єднання частотних каналів [5]. Така група розширень доповнюється наявністю множини приймально-передавальних блоків та антен для одного пристрою. Найменша така структурна одиниця створює просторовий канал передачі інформації і має назву «радіо коло» [5]. Радіо-коло визначається як сукупність одної пари приймально-передавальних блоків відповідного стандарту, включаючи змішувачі, підсилювачі та АЦП і ЦАП. Це є не що інше як канал передачі інформації, для якого характерна модель радіоканалу із двома парами передавач-приймач, кожна з яких працює на одну антену. Для такого каналу, основними параметрами будуть сумарна потужність сигналів на вході приймача радіо-кола та ефективна швидкість передачі інформації [6]. На основі цього, враховуючи модель каналу стандарту 802.11x, який підтримує MIMO, для одного радіо-кола [1] та роботу [7], структуру безпровідного каналу із техологією MIMO можна представити як показано на рис.1.

На підрівнях LLC, MAC та PLCP виконується завадостійке кодування, так званим канальним кодером (КК) [8]. Далі присутній блок кодера MIMO, який реалізується із використанням зворотного швидкого перетворення Фурьє у

якості модулятора.

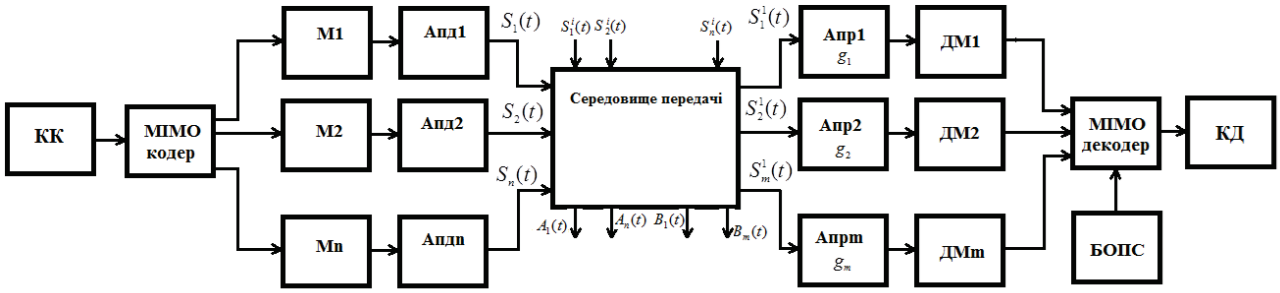


Рис. 1. Схема безпровідного каналу стандарту 802.11 з використанням технології MIMO

Тут інформація перетворюється на частотні коефіцієнти, які після перетворення стають часовими інтервалами, кожен з яких відповідає одному із *n* передавачів. Для запобігання колізій додатково додаються захисні інтервали які мають назву циклових префіксів (CP - cyclic prefix). Відповідний інформаційний потік надходить у модулятор де за рахунок пари аналого-цифрових перетворювачів створюється реальна і уявна компоненти сигналу OFDM та перетворюється у модульований ВЧ сигнал. На виході передавальної антени ($А_{пд\ n}$) n-го передавача формується сигнал $S_n(t)$ та надходить у середовище передачі. На приймальній стороні всі операції виконуються в зворотному напрямку. При надходженні сигналу $S_m^1(t)$ із середовища передачі отримуються блоки інформації від кожного приймального пристрою *m* ($А_{пд.m}$, $Д_{м.m}$), а в декодері MIMO виконується швидке перетворення Фур'є на основі даних із блока оцінки параметрів сигналу (БОПС), створюючи результуючу послідовність. Як правило, у середовищі передачі існують завади природного характеру, від пристроїв систем передачі та побутових приладів – $B_1(t)..B_n(t)$ та інтерференційні завади – $A_1(t)..A_n(t)$, які вносять інші передавачі стандарту Wi-Fi $S_1^i(t)..S_n^i(t)$ [1]. Крім того, до завад можна віднести завади які створюються множиною радіо-кіл, так як вони працюють на одному частотному каналі і в кожній приймальній антені $А_{пд.m}$ буде наводитись сигнал від кожної передавальної антени $А_{пд\ n}$. Як показують дослідження [9,10] рівень випромінювання для кожної антени є однаковим, а сумарна потужність не перевищує 100 мВт.

Друга група розширень – технологія об'єднання сигналів із забезпеченням максимального відношення сигнал/шум (MRC – Maximal Ratio Combining), яка реалізується при наявності мережі із точками доступу та технологією MIMO і призначена для підвищення ефективності безпровідних каналів. При цьому всі прийняті сигнали на всі доступні антени, якщо вони прийняті один до одного у фазі, об'єднуються в один комбінований, який має вищий рівень ніж при наявності одного передавача. В загальному випадку такий процес можна записати як функція розподілу випадкової величини коефіцієнта сигнал/шум [3]:

$$p(\gamma) = \frac{\gamma^{N-1} e^{\frac{-\gamma}{E_b / N_0}}}{(N-1)!(E_b / N_0)^N},$$

де N – кількість випромінюючих пристроїв у мережі; γ – максимальне значення комбінованого коефіцієнта сигнал/шум після створення комбінованого сигналу, яке можна визначити так:

$$\gamma = \frac{(E_b / N_0)(\sum g_m a_m)^2}{(\sum g_m^2)^2},$$

де g_m – відношення сигнал/шум, яке пов'язане із додаванням однакових по фазі сигналів для кожного окремого просторового каналу, a_m – рівень обвідної сигналу при додаванні однакових по фазі сигналів.

Як видно із наведених вище формул, розширення другої групи дозволяє підвищити відношення сигнал/шум збільшуючи кількість одночасно працюючих радіо-кіл, що дає можливість збільшити зону покриття.

Висновки

Таким чином, під час проведеного аналізу технології MIMO для стандарту 802.11, було встановлено, що використання одночасно декількох антен випромінювання повино збільшувати зону впевненого прийому сигналу та наявність паралельних просторових каналів дозволяє збільшувати пропускну здатність потоку інформації (для стандарту 802.11n до 600 Мб/с – чотири просторових канали, для стандарту 802.11ac до 6,77 Гб/с – вісім просторових канали). Але в такому випадку це приводитьдо виникнення цілого ряду дестабілізуючих факторів, які потребують подальших досліджень у реальних умовах.

Література:

1. Михалевський Д. В. Оцінка параметрів безпровідного каналу передачі інформації стандарту 802.11 Wi-Fi / Д. В. Михалевський. – Східно - Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 6/9 (72). – С. 22-25.

2. Михалевський Д. В. Особливості технології MIMO у стандарті 802.11ac / Д. В. Михалевський, В. О. Шаталюк, В. Й. Куць // Матеріали XVI міжнародної НТК «Вимірювальна та обчислювальна техніка» в технологічних процесах (ВОТТП-16-2016) м. Одеса, червень 2016р, С. 204.

3. Suvarna P. J. Performance of Maximum ratio combining (MRC) MIMO Systems for Rayleigh Fading Channel / P. J. Suvarna, S. H. Vaibhav. – International Journal of Scientific and Research Publications. – 2013. – Volume 3. – Issue 2. – Pp. 1-4.

4. Hamid Reza Bahrami. Maximum Ratio Combining Precoding for Multi-Antenna Relay Systems / Hamid Reza Bahrami, Tho Le-Ngoc. – Communications and Network. – 2010. – №2, Pp. 97-103.

5. Wescott D. A. CWAP Certified Wireless Analysis Professional Official Study Guide: Exam PW0-270 / D. A. Wescott, D. D. Coleman, P. Mackenzie, B. Miller. – Wiley Technology Pub., 2011. – 712 p.

6. Михалевський Д. В. Оцінка ефективної швидкості передачі інформації для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, О. С. Городецька. – Сборник научных трудов Sword. – Выпуск 3(40). Том 3. Иваново: Научный мир, 2015. – С.43-47.

7. Broadband MIMO-OFDM Wireless Communications / G. L. Stüber, J. R. Barry, S. W. Mclaughlin, Ye Li, and other. – Proceedings of the IEEE. – 2004. – Vol. 92. – N. 2. – Pp. 271 – 293.

8. Информационно-коммуникационные технологии в управлении: монография / [авт. кол. Косолапов А. А., Кувшинов А. В., Нирков А. П, Михалевский Д. В. и др.]. – Одесса: Куприенко СВ, 2015, – 245 с.

9. Михалевський Д. В. Оцінка розподілу потужності сигналу передавача стандарту 802.11 у приміщенні / Д. В. Михалевський, М. Д. Гузь // Сборник научных трудов Sword. – 2015. – №1(38) Том 3. – С. 48-52.

10. Михалевський Д. В. Оцінка розподілу потужності сигналу для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, В.В. Номировська, О.М. Постернак // Сборник научных трудов Sword. – 2015. – №2(39) Том 4. – С. 32-35.

Стаття відправлена 04.10.2016
© Михалевський Д.В., Городецька О.С.

ЦИТ: 316-130
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-130
УДК 621.395

Орешков В.И., Барба И.Б., Егупова Е.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПОМЕХ В СИСТЕМЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА G.FAST ПРИ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА И ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛА

Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова,
Одесса, Кузнечная 1, 65029

Oreshkov V.I., Barba I.B., Iegupova E.P.

RESEARCH OF INTERFERENCE IN G.FAST SYSTEM OF BROADBAND ACCESS WITH VARIATIONS OF THE SIGNAL PARAMETERS AND CHANNEL CHARACTERISTICS

O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
Odessa, Kuznechnaya 1, 65029

Аннотация. В работе приведены результаты исследования интерференционных помех в системе передачи по технологии G.fast по отечественным телефонным кабелям типа ТПП. Дана оценка величины отношения эффективных значений интерференционной помехи и сигнала в зависимости от длительности защитного интервала и длины линии.

Ключевые слова: ортогональные гармонические сигналы, система передачи, интерференция, защитный интервал.

Abstract. In this paper we have given the results of interference noises research in the transmission system for G.fast technology on domestic telephone cable ТПП

type. The estimation of the interference and signal effective values ratio depending on the guard interval duration and the line length.

Key words: orthogonal harmonic signals, transmission system, interference, guard interval.

Вступление.

За последние годы благодаря успехам применения цифровой обработки сигналов широкое распространение получили технологии передачи OFDM, которые используют для передачи информации ортогональные гармонические сигналы (ОГС) [1]. Главной причиной успеха систем передачи (СП) ОГС является гибкость в формировании группового OFDM-сигнала, что позволяет быстро адаптироваться к ненормированным и изменяющимся во времени характеристикам каналов передачи, например, радиоканалов и телефонных абонентских линий.

Многочастотная структура группового сигнала СП ОГС определяет специфические возможности адаптации этих СП к изменяющимся характеристикам канала передачи. Одна из таких возможностей заключается в вариации длительности защитного интервала в зависимости от величины линейных искажений в канале передачи.

Новейшей и самой перспективной среди СП ОГС, которые применяются для организации широкополосного доступа по телефонным абонентским линиям, является СП по технологии G.fast [2]. Данная технология обеспечивает широкополосный доступ на скоростях до 1 Гбит/с по многопарному телефонному кабелю, что обеспечивается использованием более 2000 несущих в полосе до 106 МГц. При таких условиях важно учитывать интерференционные помехи, которые могут оказывать существенное влияние на работу системы передачи и, соответственно, оптимизировать параметры линейного сигнала СП G.fast в зависимости от характеристик канала передачи.

В данной работе рассматривается исследование интерференционных помех при работе СП G.fast по кабелю ТПП-0,4 при разных вариантах длительности защитного интервала группового сигнала и длины абонентской линии.

Входные данные и методы.

Исследование проводилось путем аналитического моделирования работы СП G.fast по телефонному кабелю типа ТПП-0,4 при следующих исходных данных:

- маска спектра СП G.fast соответствует Рек. G.9701 МСЭ-Т [3]:
- план частот до 106 МГц;
- для обеспечения электромагнитной совместимости с СП ADSL2+ используются каналы (l) – 43...2047;
- количество отсчетов интервала ортогональности (N)– 4096;
- количество отсчетов защитного интервала (L) варьируется в пределах 128…640
- среда передачи – телефонный кабель типа ТППэп с диаметром жил 0,4 мм, параметры которого были получены из [4];
- длина линии ($l_л$) варьируется в пределах – 50…250 м;

- вид огибающей посылки линейного сигнала – традиционный («П»-образной формы).

Расчет интерференционных помех проводился в соответствии с методикой, описанной в работах [5] и [6].

Результаты. Обсуждение и анализ.

В соответствии с используемой методикой расчета интерференции, по частотным характеристикам определенных из [4], были рассчитаны импульсные реакции (ИР) $g(k)$. ИР соответствующие длинам линий передачи заданных исходными данными приведены на рис. 1. Количество отсчетов ИР (R) принималось равным 700, что больше количества отсчетов максимального из рассматриваемых защитных интервалов.

Интерференционные помехи оценивались как процентное соотношение эффективных значений помехи и сигнала h_l. В качестве примера, на рис. 2 *а* и *б* представлены трехмерные графики зависимости распределения интерференционных помех по каналам, в зависимости от момент начала интегрирования, при длине линии 50 м и длительности защитного интервала 128 и 256 отсчетов соответственно. На графиках: k_T – это момент начала интегрирования (обработки сигнала в приемнике), l – номер канала (несущей) СП G.fast.

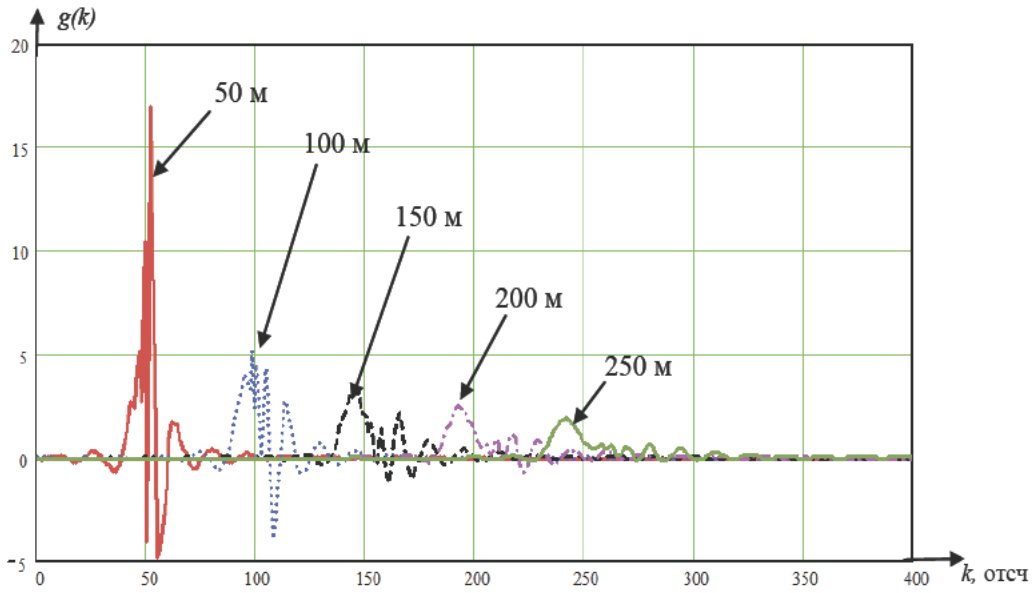
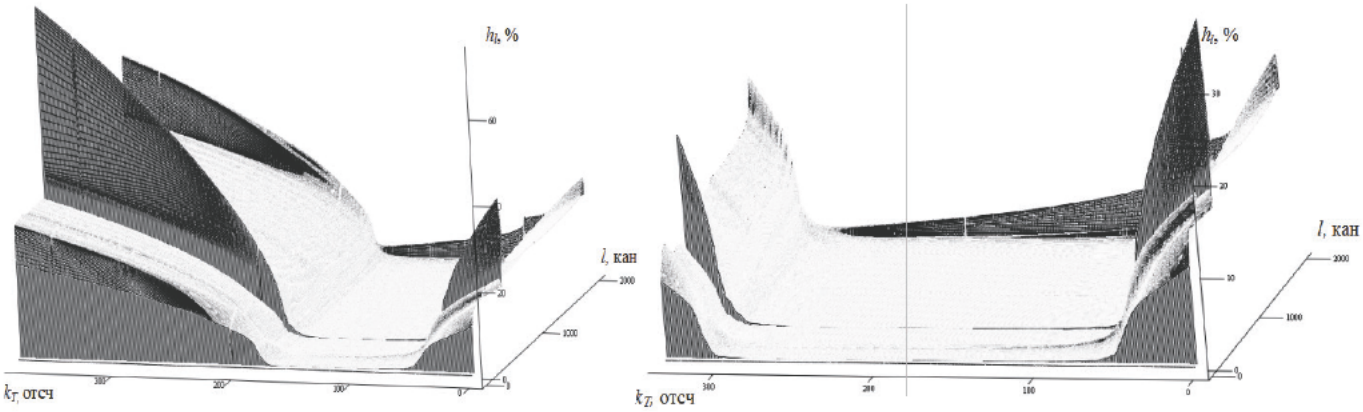


Рис. 1. Импульсные реакции линии передачи СП G.fast при работе по кабелю ТППэп-0,4

Распределение по каналам (несущим) системы передачи отношения эффективных значений интерференционной помехи и сигнала h_l существенно зависит от момента начала обработки сигнала в приемнике k_T.

Для получения интегральных оценок помехозащищенности определено оптимальное значение отсчета начала интегрирования k_T, для которого среднеарифметическое по всем информационным каналам СП G.fast отношение эффективных значений интерференционной помехи и сигнала h_k минимальное.

Результаты определения оптимальных значений $k_{\text{Т}}$ для различных значений длительности защитного интервала L и длины линии $l_{\text{л}}$ сведены к табл. 1, а соответствующие значения среднеарифметического h_k при оптимальном значении $k_{\text{Т}}$ сведены к табл. 2.



а) *б*)

Рис. 2. Распределение h_l по каналам СП G.fast в зависимости от $k_{\text{Т}}$ ($l_{\text{л}}$ = 50 м, ТППэп-0,4 мм, L = 128 (*а*) и 256 (*б*))

Таблица 1

Оптимальные значения отсчета начала интегрирования k_T, отсчет

$l_{\text{л}}$, м	L					
	128	**256**	**320**	**448**	**512**	**640**
50	128	255	319	447	511	639
100	180	255	319	447	511	639
150	230	302	323	448	513	640
200	280	350	381	454	516	645
250	343	400	431	502	511	640

Таблица 2

Среднеарифметические отношение эффективных значений интерференционной помехи и сигнала h_k при оптимальном значении отсчета начала интегрирования k_T, %

$l_{\text{л}}$, м	L					
	128	**256**	**320**	**448**	**512**	**640**
50	0,091	0,039	0,027	0,006	0,004	0,002
100	0,304	0,105	0,068	0,016	0,01	0,005
150	0,805	0,334	0,206	0,103	0,073	0,03
200	2,802	1,098	0,668	0,346	0,275	0,14
250	9,838	4,087	2,464	1,439	0,912	0,499

Для примера, на рис. 3 представлены графики зависимости h_l от номера канала l при оптимальных значениях $k_{\text{Т}}$ при длительности защитного интервала L = 320 отсчетов и вариации длины линии.

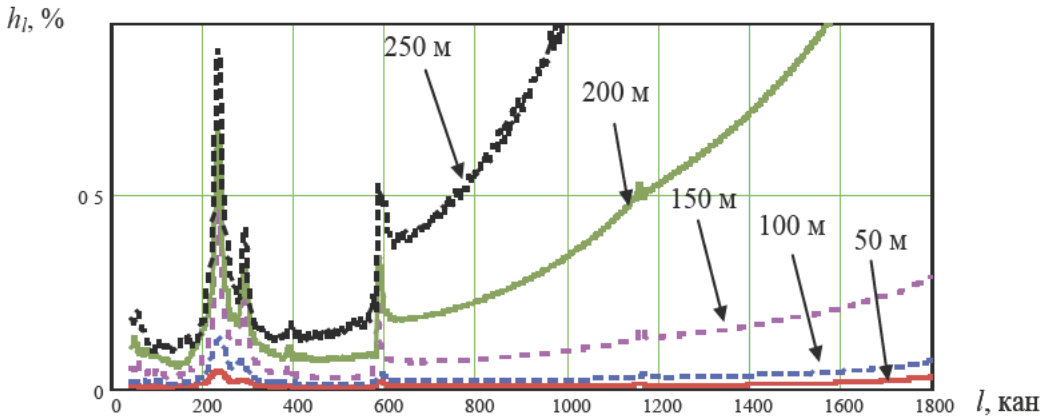


Рис. 3. Зависимость h_l от l при оптимальном k_T для СП G.fast при вариации длины линии (ТППэп-0,4 мм, L = 320)

При анализе результатов можно отметить следующее:

- для эффективного противодействия интерференционным помехам требуется, чтобы длительность защитного интервала была не меньше длительности ИР, показателем чего может служить оптимальное значение отсчета начала интегрирования – $k_T \approx L$, в этом случае интерференция пренебрежимо мала;

- при малой длине линии линейные искажения незначительные, соответственно даже минимальный защитный интервал (L = 128) позволяет эффективно противодействовать интерференции, так при длине 50 м h_k = 0,091 %, что значительно меньше 1 %;

- при увеличении длины линии линейные искажения возрастают, что требует увеличения длительности защитного интервала, например, при длине 100 м, чтобы сохранить h_k на уровне ≈0,1 % необходимо защитный интервал увеличить до 256 отсчетов, а при длине линии 150 м – до 448 отсчетов и т.д.

Заключение и выводы.

В работе было проведено исследование интерференционных помех в СП G.fast при работе по кабелю ТПП-0,4 при разных вариантах длительности защитного интервала группового сигнала и длины абонентской линии.

Были получены интегральные оценки помехозащищенности СП G.fast от интерференции при вариации параметров сигнала, а именно длительности защитного интервала, и характеристик канала передачи. Определены оптимальные значения отсчетов начала интегрирования и соответствующие значения среднеарифметических по всем информационным каналам СП G.fast отношения эффективных значений интерференционной помехи и сигнала.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что путем оптимизации длительности защитного интервала СП G.fast в зависимости от характеристик канала передачи можно эффективно бороться с интерференционными помехами.

Литература:

1. Балашов В. А. Системы передачи ортогональными гармоническими сигналами / Балашов В. А, Воробиенко П.П, Ляховецкий Л.М. – М.:Эко –

Трендз, 2012. – 228 с.: ил.

2. "G.Fast Delivers Gigabit Broadband Speeds To Customers Over Copper (FTTdp)" / [Электронный ресурс] / Tim Verry (2013-08-05) // PC Perspective. – Режим доступу: http://www.pcper.com/news/General-Tech/GFast-Delivers-Gigabit-Broadband-Speeds-Customers-Over-Copper-FTTdp. – Дата доступа: 29.03.2015. – Заголовок с экрана.

3. ITU-T. Recommendation G.9701: Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Power spectral density specification. – Appr. 2014-04-04. – Geneva, 2014. – 22 p.

4. Балашов В.А. Скорость доступа по многопарным телефонным кабелям на базе технологии передачи G.fast [Текст] / [В.А. Балашов, А.М. Зеленый, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецкий, В.И. Орешков, В.Н. Молога] // Зв'язок. – 2015. – № 6. – С. 46 – 48.

5. Ляховецький Л.М. Дослідження інтерференційних завад у системах передавання за технологією ADSL2+ / Л.М. Ляховецький, І.Б. Барба, С.А. Заблоцький // Зв'язок. – 2012. – №4. – С. 6 – 9.

6. Орєшков В.І. Оптимізація параметрів групового сигналу систем передачі ортогональними гармонічними сигналами узагальненого класу / В.І. Орєшков, І.Б. Барба, О.П. Єгупова // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2016. – № 1. – С. 122 – 129.

Рецензент: д.т.н., проф., Балашов В.А.
Статья отправлена: 07.10.2016 г.
© Орешков В.И., Барба И.Б., Егупова Е.П.

ЦИТ: 316-135
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-135
УДК 621.391.8

Наугольних Є. С.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ В БЕЗПРОВІДНИХ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Вінницький національний технічний університет
Вінниця, Хмельницьке шосе 95, 21021

Nauholnykh Y. S.

EFFICIENCY OF MULTIMEDIA TRAFFIC TRANSMISSION IN WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS

Vinnitsa National Technical University
Vinnitsa, 95 Khmelnytske shoes, 21021

Анотація. У даній роботі був проведений аналіз ефективності передачі мультимедійного трафіку по безпровідній мережі в централізованому режимі роботи.

Ключові слова: мультимедійний трафік, безпровідні технології, час відповіді серверу.

Abstract. In this paper the analysis of multimedia traffic transmission efficiency in wireless local area network was conducted.

Key words: multimedia traffic, wireless technologies, server response time.

Вступ

На даний час у всьому світі інтенсивно розвиваються технології безпровідних локальних мереж, що є одним з основних напрямів розвитку в області телекомунікацій. Застосування таких мереж дозволяє швидко, надійно та з невеликими витратами створити корпоративну мережу, що об'єднує безліч локальних мереж різних підприємств і фірм і забезпечує їм доступ в глобальну світову мережу [1].

Розвиток стандартів безпровідного доступу та зростання кількості користувачів мультимедійних послуг призвели до постановки питання надання мультимедійних послуг високої якості по безпровідним локальним мережам. Такий підхід вимагає підвищення вимог до безпровідних мереж, особливо до таких параметрів як затримка у безпровідному каналі передачі.

У даній роботі аналізується ефективність передачі мультимедійного трафіку через безпровідну мережу в централізованому режимі роботи. У даному режимі усі кінцеві станції приховані один від одного і ведуть безпосередній обмін пакетами тільки з базовою станцією.

Виклад основного матеріалу

Передача трафіку різного виду встановлює вимогу надання кожному користувачеві необхідного телекомунікаційного (транспортного) з'єднання, яке має забезпечити відповідну для даного виду трафіку якість обслуговування згідно з міжнародними рекомендаціями та стандартами [2].

Виділяються наступні основні параметри якості з'єднання: час встановлення з'єднання, ймовірність встановлення з'єднання, ймовірність розриву з'єднання, затримка, ймовірність бітової помилки та джитер. При розгляді питання оцінки ефективності мультимедійного трафіку в системі з використанням безпровідних технологій доцільно використати інтегральний показник якості зв’язку, який враховує усі вищеназвані параметри. Таким показником може бути час відповіді серверу на запит.

Для визначення часу відповіді серверу розглянемо структурну схему каналу передачі між клієнтом та сервером з використанням безпровідних технологій (рис.1).

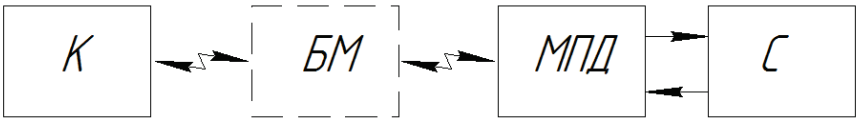


Рис. 1 - Структурна схема каналу передачі між клієнтом та сервером з використанням безпровідних технологій

К – кінцева станція клієнта, БМ – безпровідна мережа, МПД – мережа передачі даних, С – сервер.

У асинхронній телекомунікаційній мережі час відповіді серверу може бути різним для кожного запиту і є випадковою величиною, яка виражається таким чином [2]:

$$t_i = \tau_i^d + t_i^s + \tau_i^r, \quad (1)$$

де τ_i^d – час проходження і-го запиту від клієнта до серверу, t_i^s – час обробки

і-го запиту на сервері, τ_i^r – час проходження і-го запиту від серверу до клієнта.

Час проходження запиту в одному напрямку τ_i не є сталою величиною та залежить від випадкових процесів у каналі передачі.

$$\tau_i = \tau_i^{\rho} + \tau_i^{w} + \sum_{j=1}^{N} \tau_{ij}, \quad (2)$$

де τ_i^{ρ} – випадкова величина пакетизації і-го блоку даних, τ_i^{w} – час проходження і-го запиту по безпровідній мережі, t_{ij} – час проходження і-го запиту через j-й елемент системи передачі.

Мережа передачі даних у загальному випадку може бути представлена набором функціональних вузлів та каналів зв'язку, що розташовуються між функціональними вузлами. Враховуючи вищесказане, вираз 2 буде мати вигляд [2]:

$$\tau_i = \tau_i^{\rho} + \tau_i^{w} + \sum_{j=1}^{M} \tau_{ij}^{\rho r} + \sum_{k=1}^{N} (\tau_{ik}^{sr} + \tau_{ik}^{wr}), \quad (3)$$

де M – кількість каналів зв'язку між клієнтом та сервером, N – кількість функціональних вузлів, розташованих між клієнтом та сервером, $\tau_{ij}^{\rho r}$ – випадкова величина часу поширення і-го запиті по j-му каналу зв'язку, τ_{ik}^{sr} – величина часу обслуговування і-го запиту на k-му функціональному вузлі, τ_{ik}^{wr} – величина часу очікування в черзі і-го запиту на k-му функціональному вузлі.

Особливістю роботи безпровідної мережі у централізованому режимі є синхронізація передачі даних від різних вузлів за допомогою міжкадрових інтервалів. При цьому після звільнення середовища кожна станція відраховує час простою середовища, порівнюючи його з трьома значеннями: коротким міжкадровим інтервалом, міжкадровим інтервалом PCF та міжкадровим інтервалом DCF. Час поширення і-го запиту по безпровідній мережі при таких умовах можна виразити наступним чином [2]:

$$\tau_i^{w} = \tau_i^{we} + \tau_i^{wd} + \tau_i^{ws} + \tau_i^{wp}, \quad (4)$$

де τ_i^{we} час очікування звільнення середовища, τ_i^{wd} час простою середовища, τ_i^{ws} час безпосереднього проходження запиту по безпровідному середовищі, τ_i^{wp} – час обробки запиту на безпровідному маршрутизаторі для подальшої передачі.

Якщо при традиційній передачі даних по безпровідній мережі основними вимогами до мережі є забезпечення необхідної пропускної здатності та ймовірності помилок, то передача мультимедійного трафіку по безпровідній мережі вимагає забезпечення мінімальної затримки у мережі. Для оцінки якості передачі мультимедійного трафіку по безпровідній мережі проведемо дослідження часу відповіді серверу у провідній мережі (рис. 2).

Як видно із рисунку 2, при провідному підключенні час відповіді серверу не перевищує значення 40 мс та є відносно сталим.

На рисунку 3 представлені результати дослідження часу відповіді серверу при безпровідному підключенні на відстані 1, 10 та 30 метрів.

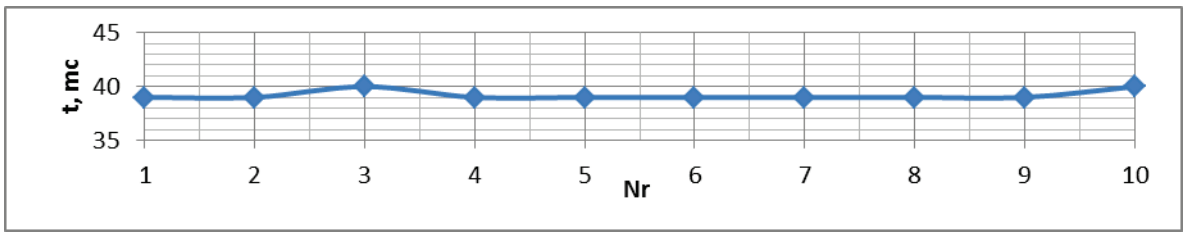


Рис. 2 – Залежність часу відповіді серверу від номеру запиту при провідному підключенні

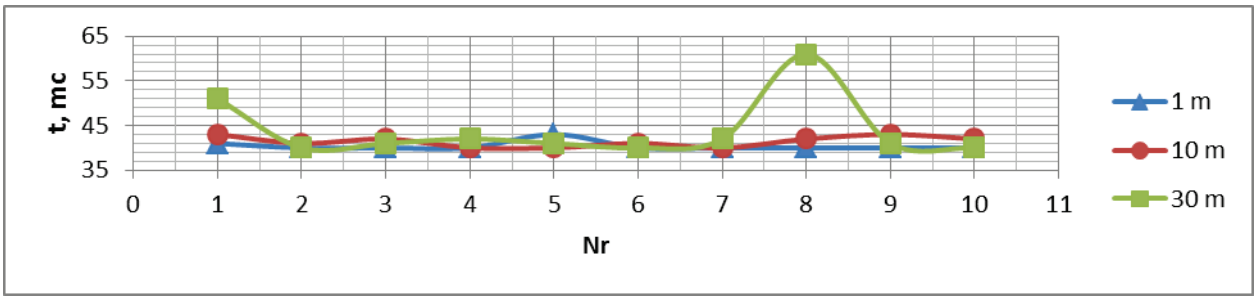


Рис. 3 – Залежність часу відповіді серверу від номеру запиту при безпровідному підключенні для різних відстаней

Як видно із рисунку 3 при безпровідному підключенні для відстані 1 та 10 метрів час відповіді серверу є вищим, ніж при провідному підключенні на 2-4 мс, при цьому спостерігаються більші відхилення від середнього значення. При відстані 30 м вже спостерігаються стрибки часу відповіді до 60 мс, що свідчить про появу нестабільності у каналі передачі.

На рисунку 4 представлені результати дослідження часу відповіді серверу при безпровідному підключенні на відстані 20 метрів при паралельній передачі даних іншим вузлом.

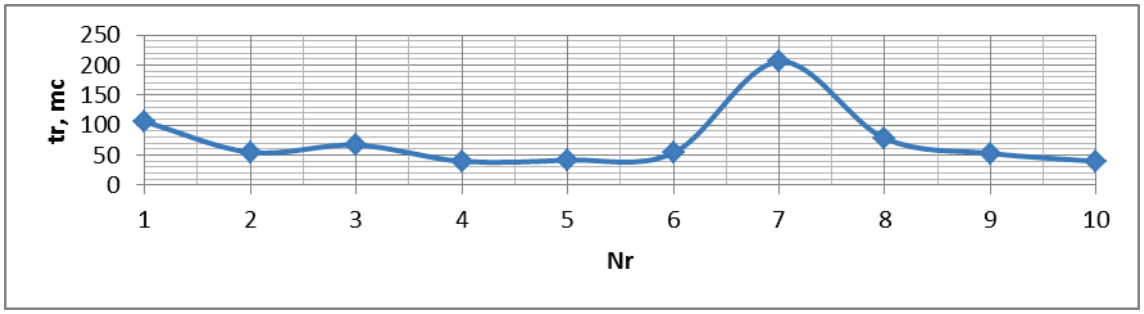


Рис. 4 – Залежність часу відповіді серверу від номеру запиту при безпровідному підключенні при паралельній передачі даних іншим вузлом

У даному випадку спостерігаються стрибки часу відповіді сервера до 200 мс. Це обумовлено тим, що у безпровідній мережі існує інший вузол який також передає дані, тобто відбувається зростання часу очікування звільнення середовища.

Відповідно при находженні безпровідній у мережі двох і більше вузлів, які передають дані, час відповіді сервера може зрости в деяких випадках пропорційно до кількості вузлів.

Висновки

З отриманих під час дослідження результатів можна зробити висновок, що ефективна передача мультимедійного трафіку по безпровідній мережі на відстані до 30 метрів можлива при невеликій кількості вузлів у мережі. При находженні великої кількості вузлів, які будуть одночасно використовувати ефір для передачі даних можливе значне зростання затримки у мережі, що призведе до різкого зниження ефективності передачі мультимедійного трафіку.

Література:

1. А. С. Баканов, В. М. Вишневский, А. И. Ляхов, Метод оценки показателей производительности беспроводных сетей с централизованным управлением, Автомат. и телемех., 2000, выпуск 4, 97–105.

2. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 3. - Мультисервисные сети / В. В. Величко, Е. А. Субботин, В. П. Шувалов, А. Ф. Ярославцев: под ред. профессора В. П. Шувалова. - М.: Горячая линия-Телеком, 2005. - 592 с.: ил.

Науковий керівник: д.т.н, проф. Кичак В. М.

Стаття відправлена: 06.10.2016 р.

© Наугольних Є. С.

ЦИТ: 316-025
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-025
УДК 62 – 714:532.13:536.23.001

Бойчук А.С.

РАСЧЁТ ВЯЗКОСТИ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СМЕСИ ХЛАДАГЕНТОВ R32/R125

Одесский Национальный Морской Университет,
Одесса, ул. Мечникова 34, 65029

Boychuk A.S.

REFRIGERANTS MIXTURE R32/R125 VISCOSITY AND THERMAL CONDUCTIVITY CALCULATION

Odessa National Maritime University,
Odessa, 34 Mechnikova str., 65029

Аннотация. Составлены уравнения, описывающие опытные данные о вязкости и теплопроводности бинарной смеси альтернативных хладагентов R32/R125. Уравнения отображают зависимость вязкости и теплопроводности смеси хладагентов от температуры, плотности и состава, обеспечивая переход от чистых веществ к смеси и наоборот. Позволяют проводить расчёт вязкости смеси в интервале температур от 253 до 423 К при давлении до 7,5 МПа и теплопроводности смеси в интервале температур от 213 до 387 К при давлении до 30 МПа. Средние квадратические отклонения опытных данных от рассчитанных не превышают 2,93 %.

Ключевые слова: хладагент, бинарная смесь, R32/R125, вязкость, теплопроводность, уравнения.

Abstract. Equations describing viscosity and thermal conductivity experimental data of alternative refrigerants mixture R32/R125 are compiled. Equations represent refrigerants mixture viscosity and thermal conductivity dependence from temperature, density and composition, providing transfer from pure components to mixture and vice versa. Providing possibility to calculate mixture viscosity at temperature ranging from 253 to 423 K at a pressure up to 7,5 MPa and mixture thermal conductivity at temperature ranging from 213 to 387 K at a pressure up to 30 MPa. Standard deviations of the experimental values from calculated are not exceed 2,93 %.

Keywords: refrigerant, binary mixture, R32/R125, viscosity, thermal conductivity, equations.

Вступление. В связи с расширением диапазона температур, которыми оперирует современная холодильная техника, в настоящее время существует тенденция применения не только чистых фреонов, но и их смесей. Наиболее перспективными в этом отношении являются смеси, составленные на базе широко распространенных фреонов, в частности смесь R32/R125. Смесь R32/R125 малотоксичная, невзрывоопасна, неагрессивна к конструкционным материалам, не содержит хлора, имеет нулевой потенциал разрушения озона (ODP), относится к группе гидрофторуглеродов. Обладает благоприятными теплофизическими свойствами.

Используя смеси хладагентов в самых разнообразных установках с различными температурными режимами возникла необходимость обладания надежными сведениями об их теплофизических свойствах в широкой области параметров. Для гидравлических и тепловых расчетов теплообменной аппаратуры весьма важными являются сведения о вязкости и теплопроводности.

Расчёт вязкости.

При составлении уравнений для вязкости бинарной смеси хладагентов R32/R125 целесообразно использовать метод Улыбина представленный в [1], согласно которого вязкость смеси равняется сумме вязкостей компонентов, умноженных на их мольную долю в смеси и взятых при одинаковых температурах. Уравнения для расчёта вязкости чистых компонентов R32 и R125 представлены в [2].

Уравнение для расчёта вязкости смеси хладагентов составлено в форме, которая имеет вид:

$$\eta = x_1 \cdot \eta_1 + x_2 \cdot \eta_2, \qquad 1)$$

где η – вязкость смеси, η_1 и η_2 – вязкости компонентов смеси R32 и R125, x_1 и x_2 – мольные доли компонентов в смеси. Размерность вязкости – мкПа·с.

Уравнение (1) удовлетворяет предельному условию, а также обеспечивает переход от чистых веществ к смеси и наоборот.

Вязкость смеси альтернативных хладагентов R32/R125 экспериментально исследована в области параметров, которая представляет интерес для холодильной отрасли. В табл. 1 представлены ссылки на литературные источники, количество опытных данных, их интервал по температуре и

давлению, а также мольная доля R32 в смеси. Для упрощения формы и размеров таблицы во втором столбике указан только первый из авторов публикации.

Таблица 1

Экспериментальные данные о вязкости смеси R32/R125

Год	Автор и источник	Число точек	Интервал параметров		Мольная доля R32 в смеси
			T (К)	p (МПа)	
1999	Набизадех [3]	51	221,65 – 397,39	0.101 – 3.105	0,6976
2000	Геллер [4]	24	253.13 – 353.15	0.101 – 13.19	0,6976
2001	Йокояма [5]	357	298.15 – 423.15	0.101 – 7.720	0,2502; 0,5002; 0,7525

Используя форму уравнения (1) также были получены значения вязкости и плотности смеси при атмосферном давлении, основываясь на соответствующие уравнения для компонентов из [2]. При этом опытные данные для смеси о вязкости и плотности при атмосферном давлении описывались уравнениями со средними квадратическими отклонениями 2,03 % и 0,13 % соответственно.

Для оценки точности уравнения (1) было выполнено сравнение рассчитанных значений вязкости смеси R32/R125 с опытными данными. При этом были исключены некоторые опытные точки, не согласующиеся с основным массивом данных. В табл. 2 приведены максимальное $\delta\eta_{макс}$ и среднее квадратическое $\delta\eta_{ср}$ отклонения экспериментальных данных от расчётных.

Таблица 2

Точность аппроксимации опытных данных о вязкости смеси R32/R125

Число точек	Интервал параметров			$\delta\eta_{макс}$, %	$\delta\eta_{ср}$, %
	T (К)	p (МПа)	ρ (кг/м^3)		
371	253,13 – 423,15	0,101 – 7,509	2 – 290	5,95	2,44

Из табл. 2 видно, что уравнение (1) с приемлемой точностью описывает данные о вязкости смеси в области температур и давлений, характерных для современных холодильных установок.

Расчёт теплопроводности.

Расчёт теплопроводности бинарной смеси хладагентов R32/R125 также проводился по методу Улыбина [1]. Уравнения для расчёта теплопроводности чистых компонентов R32 и R125 представлены в [6].

Уравнение для расчёта теплопроводности представленной смеси хладагентов составлено в форме, аналогичной (1), и имеет вид:

$$\lambda = a_1 \cdot x_1 \cdot \lambda_1 + a_2 \cdot x_2 \cdot \lambda_2, \quad (2)$$

где λ – теплопроводность смеси, λ_1 и λ_2 – теплопроводности компонентов смеси R32 и R125, x_1 и x_2 – мольные доли компонентов в смеси, a_1 и a_2 – коэффициенты для R32 и R125 уравнения теплопроводности смеси, которые принимают отличные от 1 значения a_1 = 0,9088 и a_2 = 0,6015 при плотностях

выше 900 кг/м^3. Размерность теплопроводности – мВт/(м·К).

Уравнение (2) описывает регулярную часть теплопроводности и не отображает резкий рост этого свойства в критической области, удовлетворяет предельному условию, а также обеспечивает переход от чистых веществ к смеси и наоборот.

Теплопроводность смеси хладагентов R32/R125 экспериментально исследована в более широкой области давлений, чем вязкость. В табл. 3 представлены ссылки на литературные источники, количество опытных данных, их интервал по температуре и давлению, а также мольная доля R32 в смеси. Для упрощения формы и размеров таблицы во втором столбике указан только первый из авторов публикации.

Таблица 3

Экспериментальные данные о теплопроводности смеси R32/R125

Год	Автор и источник	Число точек	Интервал параметров		Мольная доля R32 в смеси
			T (К)	p (МПа)	
1995	Танака [7]	69	283,15 – 298,15	0,10 – 1,20	0,1876; 0,3696; 0,5721; 0,8222
1997	Ро [8]	120	232,65 – 323,95	2 – 20	0,4376; 0,6189; 0,6939; 0,7714; 0,8793
1999	Гао [9]	60	213,00 – 293,00	2 – 30	0,4334; 0,6976; 0,8738
2001	Геллер [10]	50	255,04 – 409,81	0,101 – 3,69	0,6976

Значения теплопроводности смеси R32/R125 при атмосферном давлении также получены с использованием формы уравнения (2) и соответствующих уравнений для компонентов из [6]. Опытные данные о теплопроводности смеси при атмосферном давлении описывались уравнением со средним квадратическим отклонением 2,10 %.

Оценка точности уравнения (2) проводилась путем сравнения расчётных значений теплопроводности смеси R32/R125 с опытными данными. Некоторые опытные точки, которые не согласовывались с основным массивом, были исключены. В табл. 4 указаны интервалы параметров, в которых действует уравнение (2) для расчета теплопроводности, приведены максимальное $\delta\lambda_{макс}$ и среднее квадратическое $\delta\lambda_{ср}$ отклонения экспериментальных данных от расчётных.

Таблица 4

Точность аппроксимации опытных данных о теплопроводности смеси R32/R125

Число точек	Интервал параметров			$\delta\eta_{макс}$, %	$\delta\eta_{ср}$, %
	T (К)	p (МПа)	ρ (кг/м^3)		
113	255,04 – 387,25	0,1 – 3,007	2 – 118	–3,51	1,60
164	213,00 – 323,95	2 – 30	903 – 1520	–5,36	2,93

Из табл. 4 видно, что уравнение (2) описывает данные о теплопроводности смеси с точностью сопоставимой точности эксперимента.

Заключение и выводы.

Составлены уравнения для расчёта вязкости и теплопроводности бинарной смеси хладагентов R32/R125 с использованием соответствующих уравнений для компонентов. Обеспечен переход от чистых компонентов к смеси и наоборот. Уравнения описывают накопленные опытные данные с удовлетворительной точностью, что позволяет рекомендовать их для инженерных расчётов холодильных установок и оборудования.

Литература:

1. Улыбин С. А. Температурная зависимость вязкости разреженных газовых смесей // Теплоэнергетика. – 1962. – № 8. – С. 93 – 94.

2. Бойчук А.С. Уравнения для расчета вязкости хладагентов R32 и R125 // Холодильна техніка та технологія. – 2014. – № 4 (150). – С. 18 – 21. doi:10.15673/0453-8307.4/2014.28046

3. Nabizadeh H., Mayinger F. Viscosity of Gaseous R404A, R407C, R410A and R507 // Int. J. Thermophysics. – 1999. – Vol. 20. – No. 3. – P. 777 – 790. doi:10.1023/A:1022618832289

4. Geller V.Z., Bivens D., and Yokozeki A. Viscosity of Mixed Refrigerants, R404A, R407C, R410A, and R507C // Paper 508. Presented on 8th International Refrigeration Conference at Purdue University (2000), West Lafayette, IN, USA.

5. Yokoyama C., Nishino T., and Takahashi M. Viscosity of Gaseous Mixtures of HFC-125 + HFC-32 // Int. J. Thermophysics. – 2001. – Vol. 22. – No. 5. – P. 1329 – 1347. doi: 10.1023/A:1012882017926

6. Бойчук А.С. Уравнения для расчета теплопроводности хладагентов R32 и R125 // Холодильна техніка та технологія. – 2014. – № 6 (152). – С. 10 – 13. doi:10.15673/0453-8307.6/2014.30694

7. Tanaka Y., Matsuo S., and Taya S. Gaseous Thermal Conductivity of Difluoromethane (HFC-32), Pentafluoroethane (HFC-125), and Their Mixtures // Int. J. Thermophysics. – 1995. – Vol. 16. – No. 1. – P. 121 – 131. doi:10.1007/BF01438963

8. Ro S.T., Kim M.S., and Jeong S.U. Liquid Thermal Conductivity of Binary Mixtures of Difluoromethane (R32) and Pentafluoroethane (R125) // Int. J. Thermophysics. – 1997. – Vol. 18. – No. 4. – P. 991 – 999. doi:10.1007/BF02575243

9. Gao X., Nagasaka Y., and Nagashima A. Thermal Conductivity of Binary Refrigerant Mixtures of HFC-32/125 and HFC-32/134a in the Liquid Phase // Int. J. Thermophysics. – 1999. – Vol. 20. – No. 5. – P. 1403 – 1415. doi:10.1023/A:1021432920199

10. Geller V.Z., Nemzer B.V., and Cheremnykh U.V. Thermal Conductivity of the Refrigerant Mixtures R404A, R407C, R410A, and R507A // Int. J. Thermophysics. – 2001. – Vol. 22. – No. 4. – P. 1035 – 1043. doi:10.1023/A:1010691504352

Статья отправлена: 09.09.2016 г.

© Бойчук А.С.

ЦИТ: 316-028
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-028
УДК 631.3: 620.172

Карабиньош С.С., Аннєнков О.В.

МІЦНІСНІСТНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ, КЛЕЄВИХ І КЛЕЄЗВАРНИХЗ'ЄДНАННЬ ПРИ РІЗНИХ ТИПАХ НАВАНТАЖЕННЯ

(Національний університет біоресурсів і природокористування України)
Героїв Оборони вул. 15, м. Киев, 03041, Україна

Karabinesh S.S., Annenkov O.V.

THE STRENGTH PROPERTY OF WELDING, GLUE AND GLUEWELDING JOINTS UNDER DIFFERENT TYPES OF LOADING

(National university of life and environmental sciences of Ukraine)
HeroivOborony Str. 15, Kiev, 03041, Ukraine

Анотація. Проведено порівняльні випробування на міцність трьох типів з'єднання частин деталей, які можливо застосовувати при усуненні тріщин в базових чавунних деталях. Дослідження проводилися при циклічному типах навантаження всіх видів з'єднань окремо і послідовно (на симетричних і асиметричних циклів навантаження). Визначено міцнісні властивості трьох типів з'єднань та приведені їх властивості при різних типах навантаження. Розраховано режими зварювання та склад клеєних композицій. Побудовано криві Вейлера, що дозволило вибрати тип оптимального з'єднання для усунення тріщин і пробоїн в чавунних корпусних деталяхсільськогосподарських машин.

Ключові слова: електроконтактне зварювання, чавунні, композиція, зварювання точки, навантаження, циклічна міцність, цикл.

Abstract. There are studied comparative test of strength three types of connection parts details that may be used in addressing cracks in the basic iron details in the article. The studies were conducted under static and cyclic loading all kinds of types of joints separately and consecutively (for symmetric and asymmetric loading cycles). Determined strength properties of the three It has been calculated welding and bonded warehouse compositions. Built curves Veylera, select the type allowing seamless connectivity to eliminate cracks and holes in the iron body parts of agricultural machines.

Keywords: electric welding point, cast iron, composition, loading, cyclic durability, cycle.

Вступ. У процесі експлуатації на чавунні базові деталі діють різні за типом, напрямком і величиною навантаження. Відомо із літературних джерел, що майже 85% базових деталей сільськогосподарських машин виготовляють із сірих чавунів: СЧ-15, СЧ-18, СЧ-21 і СЧ-24. Конструктивною особливістю базових деталей сільськогосподарської техніки відносять значну масу, наявність різної величини в товщині перемичок, складної конфігурації, при різких переходів в радіус кривизни, поверхонь прилягання спряжених деталей, масляних каналів і різьбових отворів та скоординованих отворів. Тріщини в стінках корпусних деталей спричинюють зміну їх геометричних розмірів, зміни в співвісності між посадковими отворами та ін. Внаслідок різноманітності за

характером навантажень виникають напруження, які і руйнують деталі. Це спряжено із деякою неоднорідністю структури металу, мікроскопічними, міжкристалічними тріщинами, порами та ін. [1, 3, 4, 6]. На сьогоднішній день актуальною залишається проблема усунення тріщин і пробоїн в чавунних корпусних деталях.

Аналіз результатів останніх дослідників. За даними ГОСНИТИ [1, 2], 15-22% корпусів коробок передач і 8-11% роздавальних коробок тракторів мають тріщини. Походження цих дефектів пов'язані з особливостями матеріалу і конструкції деталей, характеру, розміру та напрямку дії внутрішнього і зовнішнього навантаження [3]. Головне джерело внутрішніх напружень, які пов'язання із металургійними процесами є термічне гальмування усадки остигаючих з різною швидкістю елементів деталі. Характер і величина цього гальмування обумовлюється тим, що при температурі 600 - 650°С чавун переходить із пластичного в пружний стан. При високій температурі товсті частини складної конфігурації деталі звичайно тангенціально стиснуті, а тонкі – радіально розтягнуті. Характерною особливістю чавунних корпусних деталей також є надзвичайно моле деформування під дією сил, які мають різний характер, величину та напрямок дії. Поєднання внутрішніх напружень від дії навантажень і залишкових напружень приводить до порушенням цілісності матеріалу та виникненню тріщин, пробоїн та обломів.

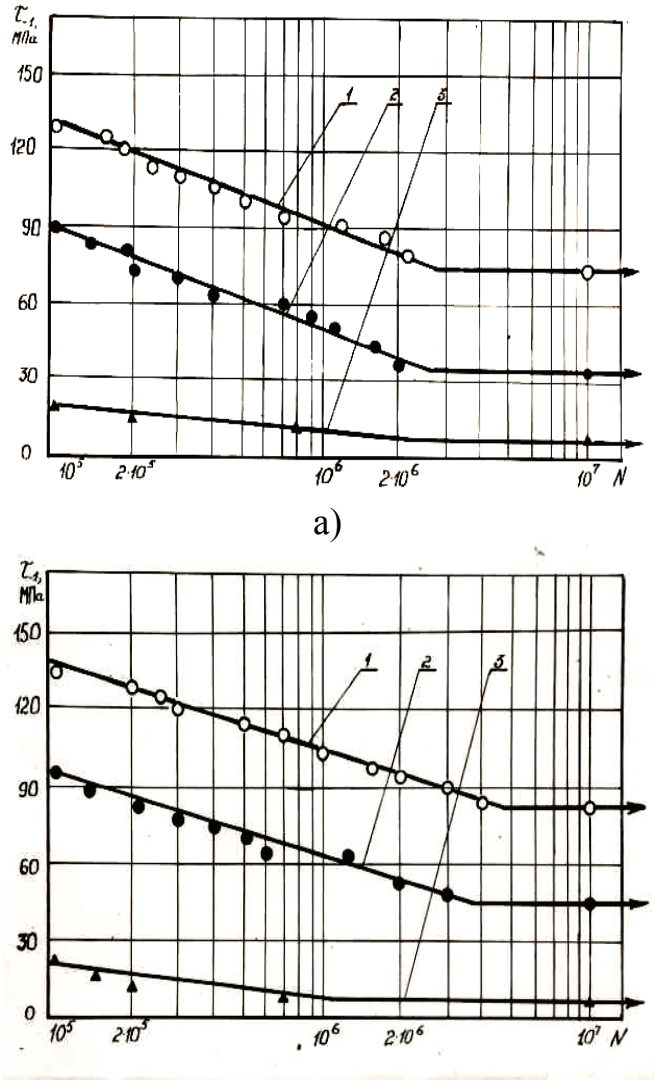
Проблемам створення ефективних технологій, які можуть відновлювати роботоздатність чавунних деталей, приділяли в своїх працях такі вчені як: Патон Є.В., Лобанов Л.М., БеляєвІ.П, Вавілов В.П., ЛялякінВ.П., Дорофєєв А.Л., Клюєв В.В.,Молодик Н.В., Тельнов [1, 2, 4] та ін. Визначення впливу на довговічність цих деталей має велике практичне значення. Ось чому важливо визначити міцніснісні властивості міцні сні з'єднань, що використовуються для усунення тріщин і пробоїн з метою забезпечення високої надійності машин [2].

Мета дослідження - встановлення об'єктивної картини впливу циклічного навантаження на міцнісні властивості з'єднань: зварних, клеєвих і клеєварних, які застосовують при усуненні тріщин і пробоїн в чавунних базових деталях сільськогосподарських машин.

Методика проведення досліджень. Для отримання порівняльних об'єктивних результатів, випробування зварних, клеєних і клеєзварних з'єднань [1, 2] проводили у відповідності до вимог стандартів, за зразками спеціального призначення, які складалися з двох елементів: чавунної пластини (СЧ- 18) з розмірами 100х 60х 10 мм і сталевих накладок (сталь 20) з розмірами 100х 60х 0,8 мм. У зв'язку з відсутністю достовірних даних про характер навантаження, яке деталі витримують під час експлуатації, досліди проводяться при осьовому розтягу - стиснення на симетричних і асиметричних циклам. Це дозволило з необхідноюмірою точністю моделювання роботи з'єднань в умовах, близьких робочих [4]. Високоефективним при виявленні дефектів корпусних деталей є застосування неруйнівних голографічних методів [1, 3]

Результати дослідження міцнісних властивостей з'єднань, які випробовувалися. В результаті проведених експериментальних досліджень було встановлено, що в кожному з розглянутих випадків, механізм розподілу

напружень носить різний характер (рис. 1). Порівняння експериментальних даних показує, що межа витривалості клеєзварного з'єднання вище, ніж при зварних (точковим зварюванням) в 1,91 і 2,05 разів, відповідно, до кожного циклу навантаження. Найнижча міцність при циклічному навантаженні має клеєве з'єднання.



а)

б)

Рис. 1. Міцність з'єднань при навантаженні: *а) симетричного, асиметричного; 1-клеєзварне, 2-зварне і 3-клеєве.*

Високе значення межі витривалості клеєзварного з'єднання пояснюється тим, що клейовий шар сприймає значну частину навантаження і розвантажує, зварювальні точки. Клеєвий прошарок служать як демпфер між сталевою стрічкою і чавунною деталлю. Це сприятливо впливає на підвищення циклічної довговічності з'єднання. Таким чином, проходить процес перерозподілу величини навантаження по всій площині стальної накладки і концентрація напружень знижується в зоні зварювальних точках.

При асиметричному циклі навантаження межа витривалості досліджуваних з'єднань в 1,16 ... 1,22 рази вище, ніж при симетричному. Це відбувається через різний характер початку руйнування з різними коефіцієнтами асиметрії. У

симетричних - першим зруйнувало клейовий шов (зниження адгезії) і, тільки тоді, проходить процес руйнування поблизу точок зварювання.

На підставі експериментальних даних були визначені коефіцієнти запасу міцності для кожного типу з'єднання Коефіцієнт запасу міцності визначається для небезпечних перетинів деталей. Умова міцності визначається рівнянням:

$$n = \frac{\tau_{-1}}{K_{\sigma_d} * \tau_a + \varphi_\sigma * \tau_m} \quad (1)$$

де τ_{-1} - витривалість з'єднання мПа;

K_{σ_d} - граничне співвідношення зниження витривалості;

τ_a - циклічний пік напруження, мПа;

φ_σ - коефіцієнт впливу постійного нормального напруження;

τ_m - середнє напруження циклу мПа.

Результати розрахунків приведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Коефіцієнт запасу з'єднань

Найменування параметрів	Зварювальна точка-клей	Зварювання	Клей
межа витривалості, мПа	36,0	74,0	6,0
Коефіцієнт запасу	1,44	2,87	0,24

Достатній запас міцності має тільки клеєзварювання.

Висновки. Таким чином, експериментальні дослідження показали:

а) клеєзварювальне з'єднання має найвищу міцність при циклічному навантаженні;

б) межа витривалості цього з'єднання при асиметричному циклі навантаження має менше значення, ніж при симетричному;

в) достатній запас міцності при циклічному навантаженні має тільки клеєзварне.

Література

1. Карабинеш С.С. (2013) Дефекты. Повреждения деталей. Методы их определения. / С.С.Карабинеш /- Германия, Книга, Саабрюкен, Ламберт,.– 89.

2. Карабинеш С.С. Методика и результаты исследования напряженного состояния кристаллических тел. /С.С.Карабинеш /- Vienna, Austria, Scientific achiements, 2015. –с. 179-183.

3. Карабинеш С.С. (2015) Технічний стан поверхонь деталей та голографічні методи. /С.С.Карабинеш /- Научные труды SWorld. – Выпуск 2(39). Том 6. – Иваново: Научный мир. 75-79.

4. Попов О., Бутаков Б., Марченко Д. (2011). Определение напряженно-деформационногот состояния тел при контактном взаимодействии / О.Попов,

Б.Бутаков, Д.Марченко -Люблін, Мотрол, №13. 13-24.

5. Технология и оборудование точечной сварки. (1975) Довідник / Під проф. Орлов В.D. - М.: Інженер. 536.

6. Новицкий А.В. (2014). Исследование надёжности системы «человек-машина» при условии развития составляющей «человек-оператор» / А.В. Новицкий, К.Н. Думенко // Motrol, motoryzacia I energe tkarolnict w amotorization and power industry in agriculture. – Lublin,– Vol. 16, № 2. – P. 117 - 121.

Referens

1. S.S. Karabynesh (2013) Defekty.Povrezhdenyya details. Methods for determining. / S.S.Karabynesh / - Germany, book, Saabryuken, Lambert, 89 .-.

2. S.S. Karabynesh Methods and results of the study napryazhennoho STATUS krysstallycheskyh tel. /S.S.Karabynesh / - Vienna, Austria, Scientific achiements, 2015. -c. 179-183.

3. S.S. Karabynesh (2015) Technical condition of surfaces and holographic methods. /S.S.Karabynesh / - Scientific papers SWorld. - Issue 2 (39). Volume 6 - Ivanovo: Nauchniy peace. 75-79.

4. Popov A., Butakov B. Marchenko, D. (2011). Definition napryazhenno-deformatsyonnohot status phone at the contact interaction / Popov, B.Butakov, D.Marchenko -Lyublin, Motrol, №13. 13-24.

5. Technology and spot welding equipment. (1975) Dovideyk / Under prof. Orlov B.D. - M .: Engineering. 536.

6. Novitsky A.V. (2014). Reliability Study of the system "man-machine", provided the development component of the "humanoperator" / A.V.Novitsky, K.N.Dumenko // Motrol, motoryzacia I energe tkarolnict w amotorization and power industry in agriculture. – Lublin,– Vol. 16, № 2. – P. 117 - 121.

ЦИТ: 316-039
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-039
УДК 004.2

Рысалдиев Г.Е.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКИ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В СТРАНАХ ЕС.

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
Астана, Женис проспект 62, 010000

Ryssaldiyev G.Y.

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE FORMATION OF TARIFF POLICY FOR ELECTRICITY IN THE EU.

Kazakh Agrotechnical University,
Astana, Zhenis street 62, 010000

Аннотация. В работе рассматривается проблема ценообразования на розничном рынке электроэнергии обусловлена процессом реформирования данной отрасли, и в частности процессами либерализации на розничных рынках. В мировой практике известно два метода

ценообразования: затратный и рыночный. Первый вариант был характерен для постсоветской электроэнергетики, когда в рамках единого энергохозяйства утверждалась единая цена на электроэнергию для всей страны. Рыночный механизм предполагает свободное ценообразование, при котором энергокомпании устанавливают разные цены на свой товар в зависимости от особенностей производства, климатической зоны, времени суток, сезона, динамики спроса и т.д. В настоящее время продажа электроэнергии (мощности) на розничном рынке осуществляется по регулируемым ценам (тарифам), при этом устанавливаются тарифы и утверждаются объемы электроэнергии, реализуемой по данным тарифам. Основная особенность системы ценообразования на розничном рынке электроэнергии выражается в ее синхронизации с процессом либерализации цен на оптовом рынке. Либерализация розничного рынка заключается в поставках электроэнергии по цене, которая отражает стоимость электрической энергии на конкурентном оптовом рынке и ограничивается рамками предельного уровня нерегулируемых цен.

Ключевые слова: Европейский Союз, директива, электроэнергия, тариф, тарификационная политика, либерализация, ценообразование, налог на добавленную стоимость.

Abstract. In this paper we describe the use of pricing in the retail electricity market is due to the process of reforming the industry and in particular the liberalization processes in the retail markets. The world practice shows two methods of pricing: costly and market-oriented. The first option was characteristic of post-Soviet power industry, when in a single energy management approve an unified price of electricity for the entire country. The market-oriented mechanism implies free pricing, in which energy companies set different prices for their goods depending on the characteristics of production, climatic zone, time of day, the season, the dynamics of supply and demand, etc. Currently, the sale of electricity (power) in the retail market at regulated prices (tariffs), while the rates are set and approved by the volumes of electricity sold at these rates. The main feature of pricing in the retail market of electric power system is expressed in its synchronization with the wholesale market price liberalization process. The liberalization of the retail market is the supply of electricity at a price that reflects the cost of electricity in the competitive wholesale market and is limited to within the unregulated price.

Key words: European Union, directive, electric power, tariff, rating policy, liberalization, price formation, value-added tax.

Вступление

В последние годы дефицит на тарифы электроэнергии возник в Испании, Португалии, Греции и во многих странах Европейского Союза. Дефицит тарифов имеется ввиду дефицит доходов в системе электроснабжения, которые возникают при том когда энергетическими компаниями понесенные на регулируемые компоненты, то ест расходы на электроэнергию устанавливаются ниже розничной цены. В связи с либерализацией энергетических рынков даже сегодня, главной темой европейского права по-прежнему остается тарификационная политика энергетических ресурсов.

Обзор литературы

Данная тема уже была предметом исследования в трудах таких ученых, как А.А. Ким, А.Л. Сурогин, С. Чуясов, Л.А. Шалгинова и др. Вместе с тем, по моему мнению, данная тема до сих пор не исчерпана, так как до настоящего времени не решены все проблемы правового регулирования, возникающие в рассматриваемой сфере.

Входные данные и методы

Прежде всего, используются соответствующие положения о свободном перемещении товаров в Рамках Договора ЕС (Статья 23 - 31 ЕЕС) где электричество и газ торгуются без ограничений в соответствии с правилами общего рынка. Правила конкуренции в статье 81 - 89 ЕЕС также актуальны. Запрещение соглашений между коммерческие предприятиями в ст. 81 ЕЕС, запрет на злоупотребление преимущественным доминирующим положением на рынке в ст. 82 ЕЕС, положения об общественности обязательства (ст. 86 ЕЕС), а также запрет на пособия, предоставленные состояния в ст. 87 ЕЕС имеют непосредственное отношение к либерализации Европейского энергетического рынка, а затем на формирование цен. Европейский совет действуя в соответствии с положением и посовещавщись с Экономическим и социальным комитетом, по принятию мер по устранениям конфликтов, установленных законом, регулирует и принимает административные действия в государственных учереждениях, которые являются объектом создания и функционирования внутреннего рынка. Большинство нормы законодательств энергии основаны на этой предпосылке. Отправной точкой для либерализации энергетических рынков является Директива 96/92 / ECI1 созданная в 1997 году, в котором установлены общие правила производства электроэнергии, ее передачи и распределения для членов Государства ЕС. Цель этой директивы – открыть рынки, путем создания недискриминационного доступа к сетке, позволяя потребителям сделать личный выбор поставщика энергии. Такое развитие событий должно переходить через несколько этапов. Первоначальный показатель открытия рынка требовал 30% электроэнергии и 20% для газа , но большинство членов государств впоследствии вышли за пределы этих пропорций. Германия и Великобритания установили номинально свободный энергетический рынок с 1998 года. Франция, в попытке защитить свои собственные природные энергетические компании, должен был отложить европейское развитие на либерализации энергетических рынков в Европе в течение некоторого времени. В 2003 году старая директива была заменена Директива Электричества 2003/54/ECI4 и Директива Газа 55/30 / EG. 15 Отдельно от финансовых разделений, которое было расширено, чтобы включить разделение под юридические компаний. Важные содержания этих директив являются гарантией от недискриминационного доступа сетки и принуждения членов государств создании национальных структур надзора в форме регулирования власти [1]. Составными частями, ценообразования электроэнергии в Германии (Кроме топлива) являются:

Таблица 1

Составными частями, ценообразования электроэнергии в Германии являются:

Расходы Сетевых пользователей	32,64%
Концессионные платежи	9,76%
НДС	16,00%
Налог на электроэнергию	10,37%
Расходы, заложенные Законом о возобновляемых источников энергии ("Erneuerbare Energien Gesetz" - EEG) и мощности 3,74% ("Kraft-WaermeKopplungsgesetz"- KWKG)	3,74%
Текущие закупки, маркетинг, Человеческие ресурсы	27,49%
Источник: Ассоциация потребителей энергии в Германии (German Electricity Association)	

Таблица 2

Пример расчета

счет за электричество € / месяц (3.550 кВт-ч / а)				
	2010	2011	2012	2013
Производство / транспорт / продажи	25,15	25,05	28,29	29,75
плата за Концессию	15,22	5,22	5,22	1 5,22
Распределение затрат, как это предусмотрено по KWKG	0,38	0,59	0,78	0,91
Возобновляемые источники энергии по Закону EEG	0,53	0,63	1,02	1,28
“Зеленые Налоги”(GREEN TAX) / Налог на электроэнергию	3,73	4,47	5,22	5,97
НДС	5,6	5,76	6,48	6,91
Всего	40,61	41,72	46,99	50,04

По первой таблице Расходы Сетевых пользователей теоретически с новым законодательством (EnWG 1998г) полное открытие рынка было достигнуто, позволяя компаниям использовать другие сторонние сети, но на практике этого не произошло. Потому что плата за доступ к сети были слишком высоки, чтобы предоставить возможность другим компаниям выйти на рынок. Хотя владельцы сетей были обязаны по закону позволить сторонним компаниям для передачи тока через их сеть на том же тарифе, но на практике эти тарифы были искусственно снижены путем перекрестного субсидирования в пределах компании. По оценкам выданных потребителем организация, Ассоциация потребителей энергии (Energieverbraucher) в том числе энергетические компании получали прибыль от € 10,56 млрд от платежей пользователей сети отдомохозяев, то только лишь 2 млрд евро были вложены в сеть. Платы для пользователей сети в Германии значительно выше среднего показателя по сравнению с остальными странами Европы. По сравнению с Великобританей, например, в настоящее время они в три раза выше. Несмотря на это, крупные владельцы немецкой сети планируют повысить плату за передачу данных почти на 10%.

По налогам и последствиям экологической среды на цену на энергоносители четыре крупные фирмы электропитания утверждают, что обяжет красно-зеленую коалицию и федеральное правительство нести ответственность за высокие цены. Этот факт, что налог и различные основные экологические надбавки вместе составляют 40%. Существует различие между ними платежи за возобновляемые источники энергии по Закону (EEG) и (KWKG) и Неизбежные платежи НДС и концессионные платежи.

Налог на электроэнергию ("Stromsteuergesetz" - StromStG38) был введен в рамках реформы экологического налога в 1999г. Налог непрерывно повышается и сказывается на потребителях в надежде на поощрение экономии энергии и, в то же время, чтобы увеличить спрос на производственные процедуры, которые используют меньше энергии. Цена электроэнергии для потребителя определяется налогом от первоначальной загруженности производителя энергии. По состоянию на 2012 г. этот налог составляет 20,50 евро за Мегаватт(2,5 цента за кВт / ч) с сокращением для пользователей как, например, из возобновляемых источников энергии. Налог 2011г принес общую сумму 4,3 млрд . электроэнергия произведенная от использованиея силы ветра, метана, газа сточных вод, биомассы и солнечной и геотермальной энергии, а также гидро-электроэнергии (завод-генератор до 10Мвт) полностью облагаются налогом. Налог электроэнергии в настоящее время составляет 10% от цены, поскольку нет никакого смысла поднять этот процент под рост цен [2].

Дополнительные сборы и НДС, в настоящее время 16%, а также концессионные сборы которые поставщики энергии должны платить муниципалитетам, взимается в дополнение к тарифам электроэнергии. Ни один из этих налоов не может быть принят как налог на вред экологической среде. НДС взимается в Германии от каждого отечественного бизнеса. 45видов концессионных сборов взимаются муниципалитетами за использование коммунальной собственности, если кабели проложены сетевыми операторами. Сумма, которая зависит от населения города прибавляется учитывая муниципалитеты для использования автомобильных дорог общего пользования при прокладке кабелей или газовых труб. Поскольку оба этих сборов существовали до введения экологического налога не могут быть причиной объяснения роста цен или использованы за дополнительную плату [3].

Результаты. Обсуждение и анализ.

Самые высокие тарифы на электроэнергию на душу населения составляет в Даний, это в 2 раза больше чем в других сранах ЕС. Основной причиной этого является очень высокая доля налогов в стоимости электроэнергии. Причиной является "зеленая" энергетика страны. При этом в электропотреблении Дании уже в настоящее время почти 50% приходится на возобновляемые источники энергии. Налогами на электроэнергию в Дании финансируется как развитие экологически "чистой" энергетики, так и выравнивается доходность подобной энергетики с производителями "грязной" энергии. Также в рейтинг входит Норвегия и по возможности не экономит на киловаттах Люксембург и Нидерланды.

Заключение и выводы.

Принимая во внимание развитие цен на электроэнергию становится очевидно что, хотя и существует высокий рост платежей за услуги EEG / KWKG и налог на электричество, из-за их низкого процента вклад в общую стоимость электроэнергии примерно на 14% это считается минимальным. Тем не менее, произошло значительное увеличение расходов на производство, транспортировку и распределение электроэнергии. Причиной в производственных энергетических компаниях является в основном цены на энергоносители и источники как уголь, нефть и газ. Принимая во внимание тот факт, что передача сети составляет около 32% от общей стоимости электричества, любое увеличение расходов повлияет на цены на электроэнергию в огромной степени [4].

Возможности для снижения цен. Есть два способа - снижения тарифов на электроэнергию: а именно сокращение сборов или устранение монополий на рынке электроэнергии. Можно было бы снизить тарифы на электроэнергию за счет снижения налогов или снижении или отмене субсидий для возобновляемых источников энергии и мощности тепловой связи. Это было бы важным политическим решением. Учитывая дефицит бюджета и трудности, вызванные с постоянным ростом цен на традиционные энергетические ресурсы, можно с уверенностью сказать, что даже законодательство консервативного правительства будет иметь большое влияние. Различные налоги на защиту окружающей среды тоже немаловажно повлияло бы на растущие тарифы на электроэнергию. И второй способ,путем политические проектов по улучшению качества передачи и производства электричества. Они будут показывать значительного прогресса на пути к подлинной либерализации властей, пока государственные нормативные акты, регулирующие условия для нетто-доступа, в том числе методы отказа от этих условий, а также методы фиксация цен на доступ к сети не станут прозрачными. Подлинная либерализация и демонополизации может быть только в том случае если все условия и законодательства ясны.

Литература:

1. Договор о Европейском Союзе (в редакции Лиссабонского договора)

2. Журнал ”Mountbatten Journal of Legal Studies” 20, автор Thomas Schomerus, тема: “Legal Aspects of Electricity Tariff Fixation in Germany” University of Lueneburg. 2004год.

3. Отчет Европейской комиссии, Главное управление по экономическим и финансовым вопросам. Авторы - Asa Johannesson Linden, Fotios Kalantzis, Emmanuelle Maincent, Jerzy Pienkowski. г.Бельгия Брюссель 2014г. Тема “Electricity Tariff Deficit: Temporary or Permanent Problem in the EU?”

4. Ассоциация потребителей энергии в Германии (Minister fUr das Monopol), "Die Zeit" 33/2004г, стр19.

Научный руководитель: к.т.н., и.о.профессора Пястолова И.А.

Статья отправлена: 25.09.2016 г.

© Рысалдиев Г.Е.

ЦИТ: 316-062
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-062
УДК:621.472

Хотин С.Ю., Палагута В.М.

УСЛОВИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ НИЗКИХ ЦЕНАХ НА ТРАДИЦИОННЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ

Одесский национальный морской университет,
Одесса, Мечникова 34, 65029

Khotin S.U, Palahuta V.M.

CONDITIONS OF ECONOMIC PROFITABILITY OF HELIOPOWER SYSTEMS IN CASE OF THE LOW PRICES OF TRADITIONAL ENERGY CARRIERS

Odessa National Maritime University,
Odessa, Mechnikova 34, 65029

Аннотация. В работе определяются условия эксплуатации гелиоэнергетических систем, при которых они будут экономически рентабельны в условиях низких цен на углеводородное сырьё. Выполнены технико-экономические расчёты, позволяющие определить возможный экономический эффект при их внедрении в промышленную эксплуатацию.

Ключевые слова: гелиоэнергетические системы, энергия, себестоимость, рентабельность, производство, затраты, доставка.

Abstract. In work service conditions of heliopower systems under which they will be economically profitable in the conditions of the low prices of hydrocarbonic raw materials are determined. The technical and economic calculations allowing to determine possible economic effect in case of their implementation in commercial operation are executed.

Key words: heliopower systems, energy, cost value, profitability, production, costs, delivery.

В период, длившийся с 2003 по 2014 г. произошло резкое увеличение доли энергосистем на базе возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе в большинстве стран мира. Так в странах Евросоюза суммарная мощность ветровых и солнечных энергосистем выросла примерно в 10 раз. Всё это произошло как следствие высоких цен на углеводородные энергоносители, снижения себестоимости производства солнечных и ветровых энергоустановок на 50% и протекционистской финансовой политике руководства стран Евросоюза в данной отрасли энергетики [1].

Однако в последние два года развитие энергетического сектора на базе возобновляемых источников энергии испытывает серьёзные трудности. Это связано как с падением цен на углеводородное сырьё, так и с нерациональным использованием ветровых и гелиоэнергетических систем, которыми в последние 12-15 лет пытались повсеместно заменить традиционные энергосистемы.

Целью данной статьи является определение тех условий применения

солнечных энергосистем, при которых их эксплуатация будет экономически рентабельной и более выгодной по сравнению с традиционными энергосистемами при низких ценах на углеводородное сырьё.

В настоящее время существуют две концепции развития гелиоэнергетики.

Первая предлагает заменять традиционные энергогенерирующие установки на солнечные энергосистемы везде, где есть достаточные ресурсы солнечной энергии. Она крайне популярна в Европе.

Вторая концепция заключается в том, что предписывает строить новые гелиоэнергетические системы в отдалённых и труднодоступных районах, куда не подведены энергокоммуникации, а также в местах, где эксплуатация традиционных энергоустановок запрещена по экологическим причинам.

Поэтому, проверяя обе концепции, мы выполним оценку экономической рентабельности солнечных тепловых и электрических энергосистем при их работе, как в обычных условиях, так и в отдалённых и труднодоступных районах.

Годовые затраты на производство тепловой энергии гелиоустановкой на базе ВТТ складываются из следующих компонентов.

$$C = (C_C A_C + C_{ST} + C_E)I + P \cdot C_P + C_{MM} + C_{ML}, \quad (1)$$

где: C - годовые затраты на производство тепловой энергии гелиоустановкой на базе ВТТ, долл.США.;

C_C - капитальные затраты на единицу площади поверхности гелиоколлектора, долл.США.;

A_C - площадь рабочей поверхности гелиоколлектора, $м^2$;

C_{ST} - капитальные затраты на теплоноситель, резервуар, аккумулятор, изоляцию; долл.США.;

C_E - капитальные затраты на оборудование, приборы, долл.США.;

I - доля ежегодных амортизационных отчислений от первоначальных капвложений, долл.США.;

P - годовая потребность в энергии на прокачку теплоносителя для гелиосистемы, КВт ч;

C_P - стоимость единицы энергии, долл.США;

C_{MM} - годовые затраты на материалы для технического обслуживания, долл.США;

C_{ML}- годовые затраты на оплату рабочей силы для технического обслуживания, долл.США.

Годовые затраты на производство электроэнергии фотоэлектрическими установками определяются из расчётного соотношения

$$C = (C_C A_C + C_E)I + C_{MM} + C_{ML}, \quad (2)$$

Себестоимость производства электроэнергии тепловыми и атомными электростанциями составляет в среднем 0,04-0,05 долл.США за кВт·ч, себестоимость производства одного кДж тепловой энергии колеблется от 0,01 до 0,02 долл.США в зависимости от вида органического топлива.

Себестоимость производства электроэнергии фотоэлектрическими системами составляет примерно от 0,15 до 0,3 долл.США за кВт·ч, а тепловая энергия генерируемая солнечными энергоустановками оценивается примерно в

0,05-0,1 долл.США за кДж и зависит от типа гелиоэнергетических систем и условий эксплуатации [1]. Сравнивая себестоимость электрической и тепловой энергии производимой солнечными энергосистемами мы видим, что в настоящее время они от 3 до 6 раз выше, чем аналогичный параметр у тепловых и атомных электростанций, поэтому первые не смогут составить конкуренцию традиционным производителям энергии в обычных условиях эксплуатации.

Теперь рассчитаем себестоимость производства тепла и электроэнергии традиционными энергоустановками, расположенными в отдалённых и труднодоступных районах при отсутствии магистральных энергогкоммуникаций.

Годовые затраты на тепловую энергию, производимую традиционным способом, с использованием органического топлива, определяются по выражению

$$C_{Ad} = C_B I' + Q_A C_F + P' C_P + C'_{MM} + C'_{ML}, \quad (3)$$

где: C_{Ad} - годовые затраты на производство тепловой энергии традиционным способом, грн.;

C_B - стоимость энергоустановки, долл.США;

I' - доля ежегодных амортизационных отчислений от первоначальной стоимости энергоустановки;

Q_A - количество тепловой энергии, полученной от установки, Дж;

C_F- стоимость топлива приходящегося на единицу полученной энергии, с учетом его доставки в отдаленные районы, грн.;

P' - годовая потребность в энергии на прокачку теплоносителя;

C_P - стоимость единицы энергии, долл.США;

C'_{MM} - годовые затраты на материалы для технического обслуживания, долл.США;

C'_{ML}- годовые затраты на оплату рабочей силы для технического обслуживания, долл.США

Формула для расчёта себестоимости электроэнергии будет иметь следующий вид

$$C_{Ad} = C_B I' + Q_Э C_F + P' C_P + C'_{MM} + C'_{ML}, \quad (4)$$

где $Q_Э$ - количество электроэнергии, выработанной установкой.

Учитывая то, что при эксплуатации солнечных энергосистем необходимо иметь дублирующую энергоустановку, работающую на традиционном топливе, которая будет использоваться при отсутствии Солнца, экономический эффект от внедрения гелиоустановки с гелиоколлекторами на базе ВТТ можно определить по формуле

$$Э = C_{Ad} - (C + C_B I); \quad (5)$$

При практической эксплуатации гелиоэнергетической установки и традиционного производителя энергии равных мощностей их потребность в энергии на прокачку теплоносителя, годовые затраты на техобслуживание и оплату рабочей силы являются примерно одинаковыми [2], следовательно, в наших расчетах принимаем $P=P'$, $C_{MM}=C'_{MM}$ и $C_{ML}=C'_{ML}$.

Тогда (5) принимает вид

$$Э = Q_A C_F (C_C A_C + C_{ST} + C_E) I - C_B I; \quad (6)$$

Количество энергии полученной от энергоустановки может быть определено[2]соотношением .

$$Q_A = M \cdot t, \quad (7)$$

где: М- тепловая мощность энергоустановки, КВт;

t - время работы энергоустановки, ч.

В качестве примера, иллюстрирующего экономическую эффективность эксплуатации гелиоэнергетической установки на базе концентрирующих гелиоколлекторов оснащённых фоклинами, определим экономический эффект от внедрения такой гелиосистемы среднегодовой мощностью 10КВт, производящую горячую воду и пар температурой 120-150^{o}С, для экономики южных регионов Украины.

Согласно [3] среднегодовой тепловой КПД-$\eta_{ср\,г.}$ гелиоустановок на базе вышеуказанных коллекторов составляет около 35%, а среднегодовая мощность солнечного излучения $I_{ср.г.}$ на территории южных областей Украины, согласно данным многолетних наблюдений, составляет около 400 Вт/м^2, продолжительность солнечного сияния в среднем за год составляет 2600ч.

Площадь рабочей поверхности гелиоустановки может быть определена [2] соотношением.

$$Ac = M \cdot n_{ср.г.}/I_{ср\,г}. \quad (8)$$

Данные о стоимости компонентов гелиоэнергетической установки, оснащенной концентрирующими гелиоколлекторами на базе фоклинов, предс-тавленные в [4], приводятся в табл.1. В этой же публикации рекомендована доля ежегодных амортизационных отчислений для гелиоэнергетической установки этого типа равная 0,075 от общей стоимости.

Таблица 1

Стоимость компонентов гелиотехнической установки на базе фоклинов мощностью 10 КВт

Наименование компонентов	стоимость, долл.США
Единица площади рабочей поверхности с учётом силовых конструкций	90
Теплоноситель	15
Резервуар-аккумулятор	400
Теплоизоляция	60
Оборудование и приборы	300

Стоимость традиционной энергоустановки, работающей на органическом топливе мощностью 10 КВт оценивается в 1000-1200 долл.США. Норма ежегодных амортизационных отчислений рекомендована равной 0,06 [4].

Стоимость топлива, затрачиваемого на производство тепловой энергии, определяется соотношением

$$C_F = m \cdot C_T + m \cdot C_Д, \quad (9)$$

где: m - масса условного топлива, требуемая для получения единицы тепловой энергии, кг;

C_T - стоимость 1 кг условного топлива;

$C_Д$ - стоимость доставки 1 кг топлива.

На выработку 1КДж тепловой энергии требуется 0,1кг условного топлива [2], а стоимость 1 кг условного топлива согласно мировым ценам на 1 августа 2016 г. составляла 0,215 долл.США [5].

Следует отметить, что для отдалённых и труднодоступных районов затраты на доставку топлива будут значительными

Стоимиость доставки топлива может быть определена по формуле.

$$C_Д = C_A S/G + R/G, \quad (10)$$

где: C_A - стоимость арендной платы автомобиля за 1км пробега, долл.США; .

S - длина маршрута доставки, км;

G - грузоподъёмность автомобиля, кг;

R - дополнительные расходы, связанные с оплатой транспортных парковок, ночлега водителей и пр, долл.США.

Согласно действующим расценкам на транспортные услуги в Украине стоимость арендной платы среднетоннажного автомобиля за 1км пробега составляет около1 долл.США

По оценкам автора, годовой экономический эффект от эксплуатации гелиоэнергетической установки для потребителей, расположенных на юге Украины и находящихся на удалении от магистральных энергокоммуникаций, может составить до 1000 долл.США.

Полученный результат показывает, что гелиоэнергетические установки в условии низких цен на углеводородное сырьё являются экономически рентабельными и при их промышленной эксплуатации может быть получен значительный экономический эффект только при их эксплуатации в отдалённых и труднодоступных районах.

Таким образом, в данной публикации были определены условия использования гелиоэнергетических систем, при которых их эксплуатация будет приносить положительный экономический эффект.

Литература:

1. Матвеев И. Е. Развитие производства энергии из возобновляемых источников энергии в ЕС: задачи и перспективы , «Бюллетень иностранной коммерческой информации», 2010.

2. Богдасаров В.М., Ходжаев А.Ш. Принципы технико-экономических расчетов зеркальных концентрирующих систем солнечных установок. - Тезисы докл. 2 Всесоюзной конференции “Возобновляемые источники энергии“. - Ереван, 28-31 мая 1989. - С.266-267.

3. Смола А., Климкова Е. Графическое и численное моделирование поверхности зонального фоклина // Гелиотехника. - 1991.- № 3. - С.33-38.

4. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию. Л.С. Бекаев, О.В. Марченко, С.П. Пинегин и др. Новосибирск, Наука, 2000.

5. Справочник цен мирового рынка. - М.: Всероссийский научно - исследовательский конъюнктурный институт. МВЭС Р.Ф.- 2016.- Август.- С.38-39

Статья отправлена: 30.09.2016 г.

© Хотин С.Ю., Палагута В.М.

ЦИТ: 316-160
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-160
УДК 536.626

Бурова З.А.[1], Воробйов Л.Й.[2], Назаренко О.О.[2]

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА

[1] Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Героїв Оборони 15, 03041
[2] Інститут технічної теплофізики НАН України
Київ, Желябова 2а, 03680

Burova Z.A., Vorobyov L.I., Nazarenko O.O.

COMBUSTION HEAT FUEL MEASUREMENTS ACCURACY INCREASING

[1] National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Heroyiv Oborony 15, 03041
[2] Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine
Kyiv, Zhelyabov str. 2a, 03680

Анотація. В роботі розглядається метод підвищення точності вимірювань кількості теплоти диференціальним калориметром теплового потоку за рахунок зменшення неконтрольованого теплообміну і тепловтрат з торців масивного термостатованого блоку калориметра.

Ключові слова: теплота згоряння, диференціальний калориметр, тепловий потік, адіабатна теплоізоляція.

Abstract. In the article the method of heat quantity measuring accuracy increasing by the differential heat-flow calorimeter due to reduction of uncontrolled heat exchange and heat losses from the butt ends of the calorimeter massive temperature-stabilized block is examined.

Key words: combustion heat, differential calorimeter, heat flow, adiabatic heat insulation.

Вступ. Однією з найважливіших характеристик палива є його теплота згоряння. Традиційно для визначення теплоти згоряння палив та хімічних речовин використовують ентальпійні водяні бомбові калориметри, але останніми роками для таких вимірювань набувають розповсюдження калориметри теплового потоку, або кондуктивні калориметри [1, 2], які мають вагомі переваги порівняно з традиційними водяними, зокрема, не вимагають кондиціювання і точного зважування води, легко автоматизуються та не потребують спеціальних приміщень для експлуатації.

Огляд літератури. В кондуктивному калориметрі [1] комірку з реакційною посудиною – калориметричною бомбою – оточено чутливою калориметричною оболонкою, вмонтованою в масивний термостатований блок. Оболонку з'єднано з вимірювально-обчислювальною системою, яка вимірює та обробляє сигнали первинних перетворювачів теплового потоку та температури. На поверхні масивного блоку розміщено електричний нагрівник, що слугує виконавчим елементом системи терморегулювання, яка за сигналом перетворювача температури регулює електричну потужність нагрівника так,

щоб підтримувати стале значення температури блоку. Охолодження зовнішньої поверхні калориметричного блоку здійснюється конвективно шляхом обдування за допомогою вентилятора.

При вимірюваннях зразок досліджуваного матеріалу розміщують в калориметричній бомбі, заповнюють її киснем та встановлюють в комірку, а після стабілізації температури в калориметрі здійснюють підпалювання зразка. Теплота, що виникає внаслідок згоряння зразка, проходить крізь калориметричну чутливу оболонку, внаслідок чого генерується електричний сигнал, що реєструється, вимірюється та інтегрується вимірювально-обчислювальною системою. Інтегральне значення сигналу від моменту підпалу зразка до моменту повторної стабілізації температури в калориметрі пропорційне кількості теплоти, що виділилася в реакційній посудині.

Сучасні калориметри теплового потоку відповідають вимогам щодо точності вимірювань, зменшення тривалості підготовки та проведення досліду, але вони мають і недоліки – неконтрольовані зміни температури та швидкості руху повітря, що обдуває калориметричний блок, та інші зовнішні збурення спричиняють коливання сигналу калориметричної оболонки, що може призвести до погіршення метрологічних характеристик приладу.

Вхідні дані та методи.

Відомим способом боротьби з впливом зовнішніх збурень в кондуктивних калориметрах є використання диференційної схеми підключення чутливих елементів. Проте, диференціальні калориметри теплового потоку мають достатньо великі розміри, а в їх термостатованих блоках під час вимірювань може виникати неоднорідність температури, що може збільшити похибку вимірювань. Торцеві поверхні масивного блоку та калориметричних комірок з кожного боку вкриті шарами теплоізоляційного матеріалу, але це не є ідеальним тепловим захистом, внаслідок чого зовнішні збурення, такі як неконтрольовані зміни температури зовнішнього повітря або пряме падіння сонячних променів, впливають на теплове поле в масивному блоці, а теплота, що виділяється в калориметричній комірці внаслідок досліджуваної реакції, може частково проходити назовні.

Зменшення неоднорідності температури та тепловтрат з торців калориметричного термостатованого блоку можна досягти, розмістивши на кожному торці масивного блоку первинний сенсор теплового потоку та нагрівник торця, які разом з регулятором утворять активну адіабатну теплоізоляцію для зменшення неконтрольованого теплообміну [2]. На рис. 1 зображено схему загального вигляду диференціального калориметра в розрізі.

В масивному термостатованому блоці 1 (рис. 1) розміщені дві калориметричні комірки з чутливими оболонками 2 та реакційними посудинами 3, а також перетворювач температури 4, який підключений до входу терморегулятора 5, вихід якого підключений до електричного нагрівника 6, розташованого на боковій поверхні масивного блоку. Бокова поверхня блока 1 має систему керованого повітряного охолодження, яка містить вентилятор 7 та кільцевий коаксіальний канал 8 для охолоджувального повітря, утворений боковою поверхнею блока 1 та корпусом 9.

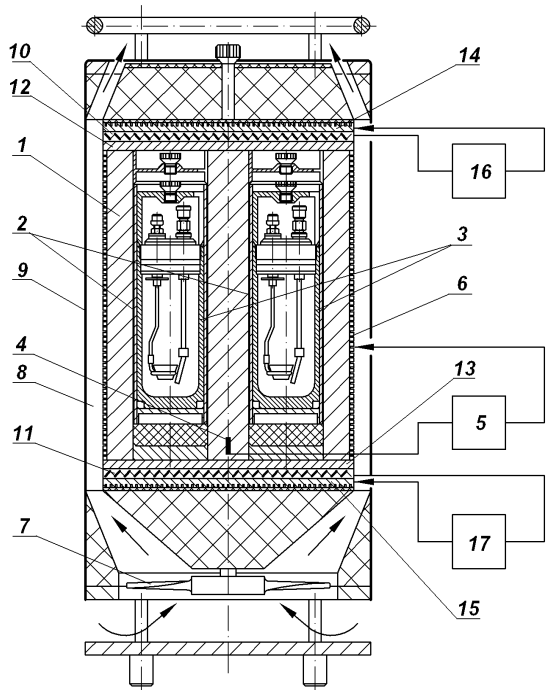


Рис. 1. Схема будови диференціального калориметра

На верхньому торці масивного блоку розташовано сенсор теплового потоку 10, а на іншому торці – аналогічний сенсор 11. Одна із сторін кожного з цих сенсорів знаходиться у тепловому контакті з масивним блоком через температуровирівнювальні пластини 12 та 13, а на іншому боці розміщені компенсаційні електричні нагрівники торців 14 та 15. Вихід верхнього сенсору 10 підключений до входу регулятора 16, вихід якого підключений до електричного нагрівника верхнього торця 14, а вихід нижнього сенсору 11 підключений до входу регулятора 17, вихід якого підключений до електричного нагрівника нижнього торця 15.

Результати. Обговорення і аналіз. Оскільки температура термостатування масивного блоку 1 встановлюється вищою за температуру оточуючого повітря, крізь торці блоку почне протікати тепловий потік, направлений від нього, і при цьому сенсори 10 та 11 генеруватимуть сигнали, які подаються на входи регуляторів 16 та 17, що підводять електричну потужність на нагрівники торців 14 та 15, в результаті чого теплові потоки крізь торці масивного блоку компенсуються. Якщо тепловий потік крізь торці термостатованого блоку збільшується, наприклад, внаслідок тепловиділення від досліджуваної реакції в реакційних посудинах 3, сенсори 10 та 11 генерують сигнал, пропорційний тепловому потоку крізь відповідний торець. Сигнали сенсорів 10 та 11 подаються на входи регуляторів 16 та 17, які підвищують значення електричної потужності, що подається на нагрівники торців 14 та 15, за рахунок чого компенсується наявний тепловий потік. В разі зменшення тепловиділення в комірках зміна теплового потоку крізь торці автоматично призводить до зменшення значення електричної потужності, що подається на нагрівники торців. Таким чином, на кожному торці масивного блоку утворено систему автоматичного підтримання нульового теплового потоку – активна адіабатна теплоізоляція, яка забезпечує підвищення точності вимірювання

теплоти, що виділяється або поглинається при фізико-хімічних та біологічних процесах, за рахунок зменшення неконтрольованого теплообміну крізь торці термостатованого блоку.

Висновки.

Підвищення точності вимірювання кількості теплоти диференціальним калориметром теплового потоку за рахунок зменшення неконтрольованого теплообміну та тепловтрат з торців масивного калориметричного термостатованого блоку можна досягти шляхом організації активної адіабатної теплоізоляції кожного торця, розмістивши на них систему автоматичного підтримання нульового теплового потоку, складену з сенсору теплового потоку, електричного нагрівника та керуючого регулятора.

Література:

1. Воробьев Л. И. Бомбовые калориметры для определения теплоты сгорания топлива / Л. И. Воробьев, Т. Г. Грищенко, Л. В. Декуша // Инженерно-физический журнал. – 1997. – Т.70, № 5. – С. 828–839.

2. Патент України на винахід № 108312. Кондуктивний калориметр / Назаренко О.О., Бабак В.П., Бурова З.А., Воробйов Л.Й., Декуша Л.В., заявник і власник патенту ІТТФ НАНУ; опубліковано: 10.04.2015, бюл.№ 5.

Статтю відправлено: 03.10.2016 г.

© Бурова З.А., Воробйов Л.Й., Назаренко О.О.

ЦИТ: 316-161
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-161
УДК 536.62 : 536.51

Бурова З.А.[1], Грищенко Т.Г.[2], Декуша Л.В.[2]

ПЕРВИННІ ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

[1] Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Героїв Оборони 15, 03041
[2] Інститут технічної теплофізики НАН України
Київ, Желябова 2а, 03680

Burova Z.A.[1], Grischenko T.G.[2], Dekusha L.V.[2]

THE PRIMARY MONITORING DEVICES OF POWER OBJECTS THERMOPHYSICAL PARAMETERS

[1] National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Heroyiv Oborony 15, 03041
[2] Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine
Kyiv, Zhelyabov str. 2a, 03680

Анотація. В роботі розглядаються моделі первинних сенсорів теплового потоку і температури та засоби вимірювання на їх основі для якісного моніторингу теплового стану об'єктів промислової теплоенергетики.

Ключові слова: тепловий потік, температура, сенсор, моніторинг, теплоенергетичний об'єкт.

Abstract. In the article the models of primary heat flux and temperature sensors and measurement devices based on them to high-quality monitor the thermal state of industrial power systems are described.

Key words: heat flow, temperature, sensor, monitoring, power object.

Вступ.

При обстеженні теплового стану теплоенергетичних об'єктів, зокрема, котлів, котельного обладнання, теплопроводів тощо для визначення тепловтрат необхідно одночасно вимірювати основні теплофізичні параметри – температуру та тепловий потік – у багатьох точках об'єкту протягом досить тривалого часу. Це обумовлено тим, що енергетичне обладнання, як правило, змінює режими роботи в залежності від навантаження, яке в свою чергу змінюється не лише протягом сезону, але й протягом доби. Крім того, ефективність та ресурс роботи теплогенеруючого обладнання значною мірою залежать від стану теплової ізоляції.

Огляд літератури.

Моніторинг теплотехнічних параметрів і характеристик теплоенергетичних об'єктів повинен мати відповідне приладове забезпечення. Для визначення температури існує досить багато різноманітних приладів, що реалізують як контактний, так і безконтактний методи вимірювань. Для вимірювання густини теплового потоку, теплового опору та теплофізичних властивостей в Україні серійно розробляються спеціалізовані вимірювальні прилади [1, 2] на основі первинних перетворювачів (сенсорів) теплового потоку (далі – ПТП) [3] і температури (далі – ПТ) [4]. Застосування ПТП та засобів вимірювання на їх основі дозволяє шляхом прямих вимірювань визначати теплові втрати крізь огороджувальні конструкції (далі – ОК) енергетичного обладнання.

Вхідні дані та методи.

При виборі засобів вимірювань для обстеження конкретної ОК необхідно врахувати багато факторів: тип ОК, її характеристики, наявність внутрішніх включень контрастної теплопровідності (наприклад, закладних деталей), ступінь шорсткості поверхні, умови теплообміну ОК з довкіллям тощо. При виконанні моніторингу теплогенеруючих установок при відсутності додаткових джерел теплового випромінення та за можливості забезпечення однакових ступенів чорноти поверхонь вимірювального ПТП і ОК зазвичай використовують ПТП двох моделей: у жорсткому (рис. 1, а, в) та у гнучкому (рис. 1, б, г) виконанні, в яких конструктивно об'єднані первинні перетворювачі ПТП і ПТ [2]. Первинні сенсори застосовують разом зі стандартним засобом вимірювання напруги постійного струму або у комплекті вимірювальних сенсорів нестандартизованих спеціалізованих цифрових вимірювачів теплового потоку і температури моделей ИТП-22, ИТП-23, ИТП-23М, ИТП-24 [2] (рис. 1, д,е).

В сенсорах обох моделей (рис. 1) у якості вмонтованого ПТ для визначення температури поверхні контрольованого об'єкту застосовано хромель-алюмелеву термопару зі статичною характеристикою перетворення типу ТХА (К) згідно з [4], робочий спай якої розташований у центрі ПТП.

Сенсори ПТ генерують термоЕРС, пропорційну різниці температури між робочим і опорним спаєм, до якої з мостової схеми додається сигнал, пропорційний температурі опорного спаю. Сумарний сигнал відповідає значенню температури поверхні контрольованого об'єкту.

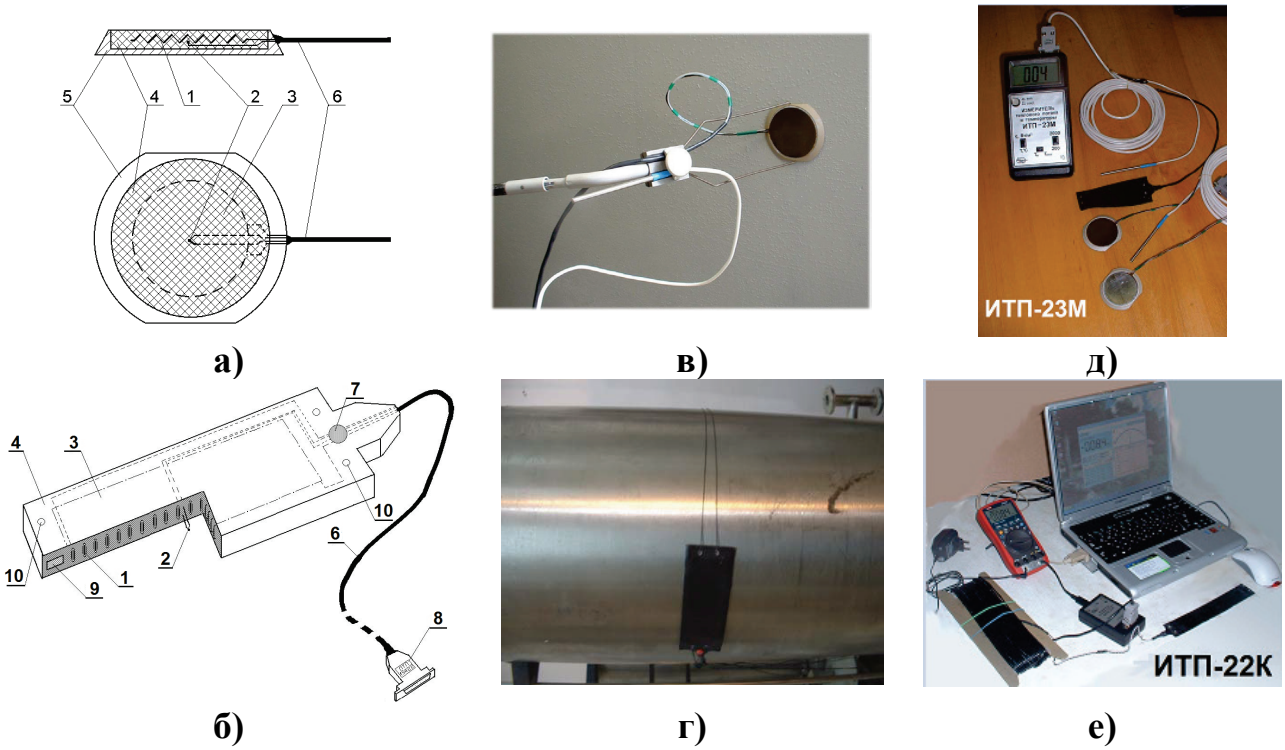


Рис. 1. Конструктивні схеми ПТП в жорсткому (а, в) та гнучкому (б, г) виконанні та приладові засоби вимірювання на їх основі (д, е):
1 – батарея біметалевих термоелементів; 2 – перетворювач температури; 3 – теплосприймальна чутлива зона; 4 – охоронна зона; 5 – корпус; 6 – виводи ПТП і ПТ; 7 – мітка поверхні ПТП для визначення напрямку теплового потоку; 8 – кабельний з'єднувач із номером ПТП; 9 – кріпильна пластина; 10 – кріпильні отвори.

Корпус кожного ПТП жорсткого виконання закріплено на висувній телескопічній штанзі для зручності контролю гарячих поверхонь та високо розташованих об'єктів. На штанзі також змонтовано $ПТ_{ПОВ}$ для вимірювання температури повітря поблизу поверхні контрольованого об'єкту. Сенсор $ПТ_{ПОВ}$ є хромель-алюмелевою термопарою, робочий спай якої розміщений у корпусі, виготовленому з тонкостінної металевої трубки.

Результати. Обговорення і аналіз.

Розміщення ПТП на поверхнях об'єктів контролю показано: на рис. 1, в – жорсткого ПТП на пласкій поверхні обмурівки котла; на рис. 1, г – гнучкого ПТП на циліндричній поверхні трубопроводу. При необхідності вимірювання густини теплового потоку одночасно декількома ПТП, розташованими в різних точках контрольованої поверхні, доцільно забезпечувати таку відстань між сусідніми ПТП, при якій виключено вплив кожного на температурне (або теплове) поле іншого.

Ідентичні за конструктивним виконанням жорсткі ПТП мають відмінності

в ступені чорноти їхніх прийомних поверхонь, що зумовлено задачами досліджень, що проводяться. Наприклад, при обстеженні об'єктів, що обшиті зовні металом (алюмінієм, нержавіючою сталлю та ін.), застосовується ПТП, покриття теплосприймальної поверхні якого має ступінь чорноти 0,20±0,02. В інших випадках під час вимірювань застосовуються ПТП зі ступенем чорноти 0,92±0,02. Якщо ступінь чорноти дослідної поверхні теплообміну відрізняється від ступеня чорноти ПТП більш ніж на ±0,05, для забезпечення вірогідності вимірів на теплосприймальну поверхню ПТП наклеюють тонку плівку з відповідним значенням ступеня чорноти.

При відсутності такого вирівнювання дійсне значення густини теплового потоку визначають розрахунковим шляхом за методикою, що враховує виміряні значення конвективної і радіаційної складових теплообміну, а також температури поверхні контрольованого об'єкту і середньої температури поверхонь, що оточують його. Так, у випадку, коли поверхні конструкцій, ґрунту, будівель і споруд, що оточують досліджуваний об'єкт, мають приблизно однакову температуру і ступені чорноти, близькі до 1,0 (від 0,75 до 1,0), наближений розрахунок може бути виконаний за формулою:

$$q_0 \approx q_{ВИМ} - \sigma \cdot (\varepsilon_{ПТП} - \varepsilon_{П}) \cdot \left((t_{П} + 273)^4 - (t_{НП} + 273)^4 \right) \qquad (1)$$

де q_0 і $q_{ВИМ}$ – дійсне й виміряне значення густини теплового потоку на поверхні об'єкту, Вт/м^2; $t_{П}$ і $t_{НП}$ – температура поверхні контрольованого об'єкту і середня температура навколишніх поверхонь, ºС; $\varepsilon_{ПТП}$ і $\varepsilon_{П}$ – ступінь чорноти вільної поверхні ПТП і ступінь чорноти поверхні контрольованого об'єкту (значення для різних матеріалів систематизовані в нормативній літературі).

Висновки.

Застосування первинних сенсорів теплового потоку і температури та засобів вимірювання вітчизняного виробництва на їх основі дозволяє проводити якісний моніторинг теплового стану теплоенергетичних об'єктів та шляхом прямих вимірювань визначати теплові втрати крізь їх огороджувальні конструкції.

Література:

1. Геращенко О.А. Основы теплометрии. – К. : Наук. думка, 1972. – 172 с.
2. Приборы для теплофизических измерений : Каталог [Електронний ресурс]. – Київ : ІТТФ НАН України, 2010. – 59 с. – Режим доступу: http://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/02/catalog_priborov_sensorov.pdf
3. Енергозбереження. Перетворювачі теплового потоку термоелектричні загального призначення. Загальні технічні умови : ДСТУ 3756–98 (ГОСТ 30619–98) / Розробники: Грищенко Т.Г., Декуша Л.В., Воробйов Л.Й. – Київ: Держстандарт України, 2000. – 21 с.
4. Перетворювачі термоелектричні. Номінальні статичні характеристики перетворювання : ДСТУ 2837–94 (ГОСТ 3044–94). – 238 с.

Статтю відправлено: 03.10.2016 г.

© Бурова З.А., Грищенко Т.Г., Декуша Л.В.

ЦИТ: 316-162
DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-162
УДК 536.62 : 536.51

Бурова З.А.[1], Декуша Л.В.[2] , Воробйов Л.Й.[2]

КОМБІНОВАНА МЕТОДИКА ОБСТЕЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

[1] Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Героїв Оборони 15, 03041
[2] Інститут технічної теплофізики НАН України
Київ, Желябова 2а, 03680

Burova Z.A.[1], Dekusha L.V.[2] , Vorobyov L.I.[2]

COMBINED INSPECTION TECHNIQUE OF POWER OBJECTS THERMAL CONDITION

[1] National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Heroyiv Oborony 15, 03041
[2] Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine
Kyiv, Zhelyabov str. 2a, 03680

Анотація. В роботі представлено комбіновану методику безконтактних і контактних вимірювань теплотехнічних параметрів для ефективного визначення тепловтрат об'єктів промислової теплоенергетики з використанням багатоканальних вимірювальних систем .

Ключові слова: тепловий потік, температура, сенсор, моніторинг, енергетичний об'єкт.

Abstract. In the article the combined method of the no-touch and contact examining of heat engineering factors is presented for effective determination heat losses of industrial power objects by multichannel measuring systems.

Key words: heat flow, temperature, sensor, monitoring, power object.

Вступ. Промислове енергетичне обладнання зазвичай має великі габарити, а теплові процеси вирізняються значною тривалістю у часі, тому для проведення якісного моніторингу їх теплотехнічних параметрів і характеристик доцільним є застосування багатоканальних вимірювальних систем з можливістю підключення комплектів первинних сенсорів та приладів у необхідній кількості для визначення теплофізичних параметрів об'єкту та накопичення масиву дослідних даних для подальшої обробки.

Вхідні дані та методи. Для комплексного моніторингу теплотехнічних параметрів і характеристик теплогенеруючих об'єктів із застосуванням багатоканального вимірювального комплексу розроблено методику [1], в якій поєднано переваги безконтактного і контактного способів вимірювань та суміщено прямі вимірювання і розрахункові методи визначення коефіцієнта теплообміну. Методика [1] полягає у виконанні наступних експериментальних і обчислювальних операцій:

1) попередньо розбити контрольовану поверхню огороджувальної конструкції (ОК) об'єкту на імовірно однорідні й однакові за площею вимірювальні зони;

2) просканувати поверхні вимірювальних зон безконтактно за допомогою електронного контрольно-вимірювального приладу (пірометра) і побудувати поля значень поверхневої температури;

3) виявити в отриманому температурному полі характерні зони, в яких спостерігається найбільша кількість однакових значень температури. У разі доступності операторові цих вимірювальних зон необхідно розмістити на поверхні кожної з них по два сенсори температури і теплового потоку, що мають контрастну за ступенем чорноти зовнішні поверхні, та записати їх покази. Для випадків з важкодоступними поверхнями треба:

а) зробити повторне розбиття поверхні з виділенням не лише характерних, а й аномальних зон, в яких значення температури максимальні або мінімальні;

б) виконати в уточнених зонах безконтактні виміри температури $T_{ОК}$ (за допомогою пірометра) і густини потоку падаючого теплового випромінювання $q_{ПАД}$ (наприклад, радіометром), а також температури повітря $T_{Д}$ в пристінному шарі будь-яким вимірювачем температури, екранованим від дії сторонніх джерел теплового випромінення;

4) вибрати розрахункову формулу для обчислення коефіцієнта конвективного теплообміну α між контрольованою поверхнею ОК і довкіллям, виходячи з виду, розмірів і просторового розташування поверхні ОК, умов теплообміну її з довкіллям і наявності вимушеного руху повітря біля поверхні ОК;

5) розрахувати дійсне значення поверхневої густини сумарного теплового потоку q_{Σ} по формулі:

$$q_{\Sigma} = \alpha \cdot \left(T_{Д} - T_{ОК}\right) + A_{ОК} \cdot q_{ПАД} - \sigma \cdot \varepsilon_{ОК} \cdot T_{ОК}^{4}. \qquad (1)$$

де $A_{ОК}$ і $\varepsilon_{ОК}$ – поглинальна здатність та інтегральний напівсферичний ступінь чорноти поверхні ОК відповідно; σ – стала Стефана-Больцмана.

6) обчислити середнє арифметичне значення сумарного теплового потоку $\overline{q}_{\Sigma}$ по всій поверхні ОК по формулі:

$$\overline{q}_{\Sigma} = \left(\sum_{n=1}^{N} q_{\Sigma_n} \cdot S_n\right) \Big/ \sum_{n=1}^{N} S_n, \qquad (2)$$

де S_n – площа n-ї вимірювальної зони, N – кількість зон;

7) уточнити значення $\overline{q}_{\Sigma}$ з урахуванням істотних відмінностей в аномальних вимірювальних зонах та порівняти його з нормативними значеннями теплових втрат для цього типу енергетичного об’єкту.

Результати. Обговорення і аналіз. Експериментальну апробацію методики здійснено з метою співставлення результатів вимірювань, отриманих безконтактним і контактним способами при комплексному дослідженні тепловтрат теплофікаційного водогрійного газового котла типу ТВГ-8 [2]. При цьому для безконтактного вимірювання температури застосовано пірометр «Fluke-574», для контактного – термопари, вбудовані в сенсори теплового потоку [3], якими також вимірюють значення густини результуючого теплового

потоку. Окремо реєструвались значення температури повітря біля котла. Визначення густини падаючого потоку теплового випромінювання безконтактним способом виконане за допомогою абсолютного порожнинного радіометра РАП-12Д [3].

На рис. 1 показано розбивку поверхонь котла по зонах та результати вимірювань теплофізичних параметрів у кожній з них. Верхнє число є значенням густини теплового потоку, виміряне сенсором теплового потоку, нижнє – температура поверхні, виміряна термопарою та пірометром, значення яких співпадають в межах похибки вимірювання.

а) б)

Рис. 1. Розподіл теплових потоків і температури по правій боковій (а) та по лівій боковій і тильній (б) поверхнях котла ТВГ-8

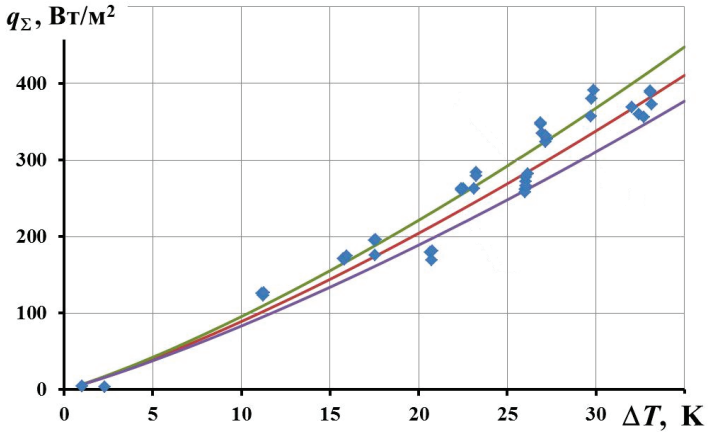


Рис. 2. Результати обстеження правої бічної поверхні котла ТВГ-8

Для достовірного аналізу результатів досліджень було обрано праву бічну поверхню котла, на яку не впливала робота іншого теплоенергетичного устаткування. На рис. 2 показані результати обстеження теплового стану обраної поверхні котла ТВГ-8 у вигляді експериментальних точок та графіки розрахункових залежностей густини теплового потоку від різниці значень температури поверхні ОК і довкілля, отримані на підставі рівняння (1) і обчислення середнього значення коефіцієнта конвективного теплообміну α розрахунковим методом з використанням відомих критеріальних рівнянь і

напівемпіричних залежностей, отриманих при дослідженні вільної конвекції для поверхонь різних розмірів, геометрії і розташування в просторі [1].

Аналіз даних рис. 2 свідчить, що розбіжність результатів контактних і безконтактних вимірів не перевищує 6%, вони відповідають один одному в межах похибки вимірювань та розрахунків коефіцієнта теплообміну.

Висновки.

Комбінована методика обстеження теплового стану енергетичних об'єктів, заснована на безконтактному вимірюванні температури, використанні спеціалізованих приладів для вимірювання густини падаючого теплового потоку і коефіцієнта теплообміну, дозволяє одержати коректні значення теплового потоку крізь ОК досліджуваних об'єктів. Результати обстеження дозволяють об'єктивно оцінити тепловий стан енергетичного об'єкту, наприклад, обмурівки і теплової ізоляції котла або іншого теплоенергетичного устаткування, із зазначенням критичних зон, в яких можливі пошкодження елементів конструкції, що призводять до невиправданих тепловтрат.

Література:

1. Визначення теплових потоків крізь огороджувальні конструкції : Методика М00013184.5.023–01 / Розробники: Т.Г.Грищенко, Л.В.Декуша [та ін.] – К.: ЛОГОС, 2002. – 131 с.

2. Оперативное определение тепловых потерь объектов энергетики бесконтактным способом / А. А. Долинский, Л. В. Декуша, Л. И. Воробьев [и др.] // Пром. теплотехника. – 2007. –29, № 3. – С. 100–109.

3. Приборы для теплофизических измерений : Каталог [Електронний ресурс]. – Київ : ІТТФ НАН України, 2010. – 59 с. – Режим доступу: http://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/02/catalog_priborov_sensorov.pdf

Статтю відправлено: 03.10.2016 г.

© Бурова З.А., Декуша Л.В., Воробйов Л.Й.

Авторы

Анненков Алексей Юрьевич - студент, Украина

Аруль Прасатх Коландасами - аспирант, Томский государственный университет, Россия

Барба Ирина Борисовна - кандидат технических наук, Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова, Украина

Бойчук Артем Сергеевич - аспирант, Одеський національний морський університет, Украина

Бурова Зинаида Андреевна - кандидат технических наук, ст. преп, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Украина

Воробьев Александр Михайлович - кандидат технических наук, доцент, Тамбовский государственный технический университет, Россия

Воробьев Леонид Иосифович - кандидат технических наук, Институт технической теплофизики НАН Украины, Украина

Гирина Ольга Борисовна - кандидат экономических наук, доцент, Одеський національний морський університет, Украина

Городецька Оксана Степанівна - кандидат технических наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, Украина

Грищенко Татьяна Георгиевна - доктор технических наук, Институт технической теплофизики НАН Украины, Украина

Декуша Леонид Васильевич - доктор технических наук, Институт технической теплофизики НАН Украины, Украина

Дудченко Олег Миколайович - кандидат технических наук, доцент, Національний університет кораблебудування ім. Адмірала Макарова, Украина

Егупова елена Павловна - аспирант, Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова, Украина

Зиновьев Владимир Борисович - кандидат технических наук, доцент, Россия

Иванов Виктор Ильич - соискатель, Украина

Карабинеш Сергей Степанович - кандидат технических наук, доцент, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Украина

Карпова Світлана Олегівна - аспирант, ст. преп, Національний університет кораблебудування ім. Адмірала Макарова, Украина

Ким Леонид Ильич - кандидат технических наук, доцент, Россия

Коростелёв Евгений Николаевич - аспирант, Український державний університет залізничного транспорту, Украина

Кузьменко Иван Юрьевич - кандидат технических наук, Томский государственный университет, Россия

Лесников Владислав Владимирович - ООО "Стройтранссервис", Россия

Ломакина Ольга Владимировна - кандидат педагогических наук, доцент, Тамбовский государственный технический университет, Россия

Матвеев Антон Константинович - магистр, Українська державна академія залізничного транспорту, Украина

Михалевський Дмитро Валерійович - кандидат технических наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, Украина

Молчанов Виктор Сергеевич - кандидат технических наук, доцент, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Россия

Мосейко Юрий Викторович - кандидат педагогических наук, доцент, Украина

Муксунов Тимур Рамильевич - кандидат технических наук, Томский государственный университет, Россия

Назаренко Олег Алексеевич - соискатель, Институт технической теплофизики НАН Украины, Украина

Наугольных Евгений Сергеевич - аспирант, Вінницький національний технічний університет, Украина

Нестеренко Татьяна Николаевна - кандидат технических наук, доцент, , Украина

Новиков Володимир Іванович - магистр, ст. преп, Національний університет кораблебудування ім. Адмірала Макарова, Украина

Орешков Василий Иванович - кандидат технических наук, Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова, Украина

Палагута Виталий Михайлович - кандидат технических наук, доцент, Одеський національний морський університет, Украина

Політикін Борис Михайлович - доктор технических наук, профессор, Національний університет кораблебудування ім. Адмірала Макарова, Украина

Попов Анатолий Михайлович - доктор технических наук, профессор, Сибирский государственный университет путей сообщения, Россия

Прохоров Сергей Викторович - кандидат технических наук, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Россия

Рысалдиев Габиден Есбергенович - магистр, Казахский агротехнический, Казахстан

Скачков Виктор Алексеевич - кандидат технических наук, доцент, Украина

Скорик Алексей Алексеевич - кандидат технических наук, доцент, Українська державна академія залізничного транспорту, Украина

Ходаковская Евгения Владимировна - кандидат технических наук, ст. преп, Українська державна академія залізничного транспорту, Украина

Хотин Сергей Юрьевич - кандидат технических наук, доцент, Одеський національний морський університет, Украина

Шведов Владимир Николаевич - кандидат технических наук, доцент, Россия

Шимкив Людмила Михайловна - магистр, Українська державна академія залізничного транспорту, Украина

Штомпель Анатолий Николаевич - кандидат технических наук, доцент, Українська державна академія залізничного транспорту, Украина

Якубов Владимир Петрович - доктор физико-математических наук, профессор, Томский государственный университет, Россия

СОДЕРЖАНИЕ / Contents

ТРАНСПОРТ / *TRANSPORTATION*

Транспортные и логистические системы /
Transport and logistics systems
ЦИТ: 316-111, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-111
Гирина О.Б.
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА СИСТЕМЫ ПОРТОВ
Girina O.B. MATHEMATICAL MODELING OF SYSTEM PORTS PRODUCTIVE CAPACITY……..4

Кораблестроение /
Shipbuilding
ЦИТ: 316-091, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-091
Дудченко О.М., Новиков В.І., Карпова С.О., Політикін Б.М.
ЗАСТОСУВАННЯ ЛЮДИНО-МАШИННИХ ПРОЦЕСІВ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ НА СУДНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ
Dudchenko O.M., Novikov V.I., Karpova S.O., Politikin B.M. APPLICATION HUMAN-MACHINE PROCESSES IN OPTIMIZATION PROBLEMS ON DESIGN SHIPBUILDING…...8

Автомобильные перевозки /
Trucking
ЦИТ: 316-116, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-116
Лесников В.В., Молчанов В.С., Попов А.М.
ПЕРЕУСТРОЙСТВО ВОДОНЕСУЩИХ КОММУНИКАЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ
Lesnikov V.V., Molchanov V.S., Popov A.M. RECONSTRUCTION OF THE WATER-BEARING UTILITIES AT ROAD RECONSTRUCTION…….11

Железнодорожные перевозки /
Rail transportation
ЦИТ: 316-032, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-032
Ходаківська Є. В., Матвєєв А. К., Шимків Л. М.
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ АДАПТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ
СХЕМ ОБОРОТУ ШВИДКІСНИХ ПОЇЗДІВ
Khodakivska E. V., Matveev A. C., Shimkiv L. M. A STUDY OF THE USE OF ADAPTIVE TECHNOLOGY IN THE ORGANIZATION OF SCHEMES OF THE TURNOVER OF HIGH-SPEED TRAINS……17

ЦИТ: 316-042, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-042
Штомпель А.М., Скорик О.О.
МЕТОДИКА ОЦІНКИ РИЗИКУ ПОЯВИ ВІДМОВИ У РОБОТІ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ
Shtompel A.N., Skorik A.A. METHODOLOGY OF RISK ASSESSMENT OF OCCURRENCE OF FAILURE OF THE UPPER STRUCTURE CONSTRUCTION JOINTLESS TRACK……..22

ЦИТ: 316-068, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-068
Коростельов Є.М.
ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ БОРОТЬБИ З ДОМІНУЮЧИМИ ДЕФЕКТАМИ РЕЙОК В КОЛІЯХ МЕТРОПОЛІТЕНУ
Korostelov Ye. DETERMINE THE MOST EFFECTIVE WAYS TO COMBAT DOMINANT DEFECTS IN RAILS UNDERGROUND……25

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ /
TECHNICAL SCIENCES

Машиноведение и машиностроение /
Engineering science and engineering
ЦИТ: 316-067, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-067
Ломакина О.В., Воробьев А.М.
СУШКА БИОМАССЫ В АППАРАТЕ С АКТИВНЫМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ
Lomakina O.V., Vorobiev A.M. DRYING OF BIOMASS IN THE APPARATUS WITH THE ACTIVE HYDRODYNAMIC MODE…….30

ЦИТ: 316-127, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-127
Прохоров С.В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННЫХ ПАРКОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Prohorov S.V. INCREASE ENERGY EFFICIENCY OPERATING MACHINERY PARK CONSTRUCTION ORGANIZATIONS……..34

ЦИТ: 316-139, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-139
Скачков В.А., Иванов В.И., Нестеренко Т.Н., Мосейко Ю.В.
АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ УПЛОТНЕНИЯ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
Skachkov V.A., Ivanov V.I., Nesterenko T.N., Mosejko Yu.V. ANALYS OF COMPRESSION PROCESSES FOR POROUS CARBON COMPOSITE MATERIALS BY PYROCARBON…...38

ЦИТ: 316-141, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-141
Зиновьев В.Б., Шведов В.Н., Ким Л.И.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАБИВКИ НАГЕЛЕЙ ОГНЕСТРЕЛЬНЫМ СПОСОБОМ
Zinoviev V.B., Shvedov V.N., Kim L.I. EXPERIMENTAL DETERMINATION OF DEPTH NAGEL SCORING GUNSHOT WAY……...41

Электротехника, радиотехника, телекоммуникации, и электроника/
Electrical engineering, radio engineering, telecommunications, and electronics
ЦИТ: 316-063, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-063
Прасатх А.К., Кузьменко И.Ю., Муксунов Т.Р., Якубов В.П.
БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В РАДИОТОМОГРАФИИ
Prasath A.K., Kuzmenko I. Yu., Muksunov T.R., Yakubov V.P. WIRELESS DATA TRANSMITTING IN RADIOTOMOGRAPHY……...45

ЦИТ: 316-106, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-106
Михалевський Д.В., Городецька О.С.
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ MIMO У СТАНДАРТІ 802.11
Mikhalevskiy D.V., Horodetska O.S. FEATURES OF MIMO TECHNOLOGY IN 802.11 STANDARD……..49

ЦИТ: 316-130, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-130
Орешков В.И., Барба И.Б., Егупова Е.П.
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПОМЕХ В СИСТЕМЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА G.FAST ПРИ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА И ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛА
Oreshkov V.I., Barba I.B., Iegupova E.P. RESEARCH OF INTERFERENCE IN G.FAST SYSTEM OF BROADBAND ACCESS WITH VARIATIONS OF THE SIGNAL PARAMETERS AND CHANNEL CHARACTERISTICS…….54

ЦИТ: 316-135, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-135
Наугольних Є. С.
ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ В БЕЗПРОВІДНИХ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ
Nauholnykh Y. S. EFFICIENCY OF MULTIMEDIA TRAFFIC TRANSMISSION IN WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS……..59

Металлургия и энергетика./
Metallurgy & Energy
ЦИТ: 316-025, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-025
Бойчук А.С.
РАСЧЁТ ВЯЗКОСТИ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СМЕСИ ХЛАДАГЕНТОВ R32/R125
Boychuk A.S. REFRIGERANTS MIXTURE R32/R125 VISCOSITY AND THERMAL CONDUCTIVITY CALCULATION……..63

ЦИТ: 316-028, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-028
Карабиньош С.С., Аннєнков О.В.
МІЦНІСНІСТНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ, КЛЕЄВИХ І КЛЕЄЗВАРНИХЗ'ЄДНАННЬ ПРИ РІЗНИХ ТИПАХ НАВАНТАЖЕННЯ
Karabinesh S.S., Annenkov O.V. THE STRENGTH PROPERTY OF WELDING, GLUE AND GLUEWELDING JOINTS UNDER DIFFERENT TYPES OF LOADING……..68

ЦИТ: 316-039, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-039
Рысалдиев Г.Е.
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКИ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В СТРАНАХ ЕС.
Ryssaldiyev G.Y. ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE FORMATION OF TARIFF POLICY FOR ELECTRICITY IN THE EU……72

ЦИТ: 316-062, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-062
Хотин С.Ю., Палагута В.М.
УСЛОВИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ НИЗКИХ ЦЕНАХ НА ТРАДИЦИОННЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ
Khotin S.U, Palahuta V.M. CONDITIONS OF ECONOMIC PROFITABILITY OF HELIOPOWER SYSTEMS IN CASE OF THE LOW PRICES OF TRADITIONAL ENERGY CARRIERS……..78

ЦИТ: 316-160, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-160
Бурова З.А., Воробйов Л.Й., Назаренко О.О.
ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА
Burova Z.A., Vorobyov L.I., Nazarenko O.O. COMBUSTION HEAT FUEL MEASUREMENTS ACCURACY INCREASING……83

ЦИТ: 316-161, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-161
Бурова З.А., Грищенко Т.Г., Декуша Л.В.
ПЕРВИННІ ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ
Burova Z.A., Grischenko T.G., Dekusha L.V. THE PRIMARY MONITORING DEVICES OF POWER OBJECTS THERMOPHYSICAL PARAMETERS……..86

ЦИТ: 316-162, DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-162
Бурова З.А., Декуша Л.В. , Воробйов Л.Й.
КОМБІНОВАНА МЕТОДИКА ОБСТЕЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ
Burova Z.A., Dekusha L.V. , Vorobyov L.I. COMBINED INSPECTION TECHNIQUE OF POWER OBJECTS THERMAL CONDITION…….90

Научное издание
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ SWORLD
Выпуск 3 (44)
Том 1
Транспорт
Технические науки

На русском, украинском и английском языках

Свидетельство СМИ
ПИ № ФС 77 – 62059
ЭЛ № ФС 77 – 62060

Научные достижения Авторов были также представлены на международной научной конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2016» (11-18 октября 2016 г.) на сайте www.sworld.education
Решением международной научной конференции работы, которые получили положительные отзывы, были рекомендованы к изданию в журнале (после рецензирования).

Разработка оригинал-макета – ООО «Научный мир»

Формат 60x84/16.
Тираж 500. Заказ №К16-3.
Подписано в печать: 07.11.2016

ООО «НАУЧНЫЙ МИР»
153012, г.Иваново, ул.Садовая 3, 317
e-mail: orgcom@sworld.education
www.sworld.education
Идентификатор субъекта издательского дела №9906509

Издатель не несет ответственности за достоверность информации и научные результаты, представленные в статьях