

УДК 629.083

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).331-343](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).331-343)

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук, **А.В. Гриньків**, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
А.О. Головатий, асп.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна
e-mail: AulinVV@gmail.com*

Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно- виробничих систем

Проаналізовано зміст кіберфізичного підходу до створення, функціонування та удосконалення транспортно-виробничих систем. На базі підходу створюються кіберфізичні транспортно-виробничі системи як інтеграція спеціальних технологій: Інтернет речей; вбудовані системи; повсюдні та хмарні обчислення. Визначено головні функції таких систем: обробка інформації, інтелектуальні комунікації, управління характеристиками і процесами. Побудована концептуальна схема та компонентна модель системи, яка включає дві групи компонент – еволюційну і технологічну. В еволюційну групу компонент входять підсистеми: цифрові; інтегровані; робототехнічні, розподілені інтелектуальні, а технологічна група є основою конкретних реалізацій Інтернет речей, вбудованих систем та повсюдних і хмарних обчислень. Запропоновано кіберфізичну систему технічного сервісу та визначено режими її функціонування. Виявлено наявність інтелектуальних моделей в кіберфізичній моделі технічного сервісу.

кіберфізичний підхід, транспортно-виробнича система, компонентна модель, технічний сервіс

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук, **А.В. Гриньків**, канд. техн. наук, ст. научн. сотр., **А.О. Головатий**, асп.
Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Киберфизический подход при создании, функционировании и совершенствовании транспортно-производственных систем

Проанализировано содержание киберфизического подхода к созданию, функционированию и совершенствованию транспортно-производственных систем. На базе подхода создаются киберфизические транспортно-производственные системы как интеграция специальных технологий Интернет вещей; встроенные системы; повсеместные и облачные вычисления. Определены основные функции таких систем: обработка информации, интеллектуальные коммуникации, управления характеристиками и процессами. Построена концептуальная схема и компонентная модель системы, которая включает две группы компонент - эволюционную и технологическую. В эволюционную группу компонент входят подсистемы: цифровые; интегрированные; робототехнические, распределены интеллектуальные, а технологическая группа является основой конкретных реализаций Интернет вещей, встроенных систем и повсеместных и облачных вычислений. Предложено киберфизическую систему технического сервиса и определены режимы ее функционирования. Виявлено наличие интеллектуальных моделей в киберфизической модели технического сервиса.

киберфизический подход, транспортно-производственная система, компонентная модель, технический сервис

Постановка проблеми. Актуальність проблеми обумовлена необхідністю вдосконалення управління складними транспортно-виробничими системами в умовах зростання обсягів інформації та багатовимірності управлінських ситуацій. В основу досліджень цієї проблеми доцільно покласти методи кіберфізичного підходу [1] й врахувати їх при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем. Інтерес викликають нові можливості застосування кіберфізичних систем (КФС) на основі транспортно-виробничих систем, а також управління ними. При побудові

концептуальних та компонентних моделей кіберфізичних систем, слід розглянути їх структуру, з'ясувати їх схожість і відмінності з іншими системами. В якості методологічного інструментарію використовується системний і структурний аналізи. Комунікаційні особливості кіберфізичних транспортно-виробничих систем є умовою їх реалізації при організації, функціонуванні та удосконаленні. Аналіз функціонування кіберфізичних систем свідчить що вони є прогресивним кроком до створення інтелектуальних систем нового покоління. Це передусім стосується системи технічного сервісу транспортних машин та мобільної сільськогосподарської техніки, що базується на інтелектуальній стратегії їх технічного обслуговування та ремонту [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки, проблема управління транспортними та виробничими підприємствами тісно пов'язана із сучасною проблемою обробки великою за обсягом базою даних (інформації про стан) [3], то зростання складності управлінських ситуацій і систем управління вимагає застосування радикальних наукових рішень. Одним з варіантів такого рішення є розподілене інтелектуальне мережеве управління, засноване на застосуванні кіберфізичного підходу при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем [4].

В кіберфізичних системах (cyber-physical system (CPS)) використовують інтелектуальне внутрішньомережеве моделювання [5-8]. З точки зору концепції механізму роботи КФС, то вона аналогічна механізму роботи мультиагентних систем (MAS) [9]. Разом з тим КФС мають більшу мобільність агентів і включення в середовища фізичного та інтелектуального просторів розподіленого колективного обчислення.

Формування кіберфізичного підходу дослідження технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту доцільним є при використанні методів теорії чутливості [10], особливо це стосується використання критеріїв статистичної інформативної та відносної чутливості [11], а також еволюційні обчислювання їх життєвого циклу на основі генетичних алгоритмів [12]. При цьому корисним є застосування теоретико-методологічних основ побудови транспортних і виробничих логістичних систем [13-15]. В кіберфізичній системі технічного сервісу машин [16, 17] увагу слід зосередити на розробці інтелектуальної стратегії технічного обслуговування та ремонту [18], яка є найбільш ефективною з економічної точки зору [19]. Актуальними залишаються методи формування системи транспортно-технологічного забезпечення на основі кіберфізичного підходу [20] та концептуальний підхід дослідження кіберфізичних транспортних і виробничих систем [21]. Зазначене передусім стосується логістичних підприємств агропромислового виробництва [22, 23]. Підвищується ефективність функціонування транспортних і виробничих систем при реалізації фізико-інформаційного підходу [24], автоматизації і інформатизації транспортних засобів на основі розподільної системи управління мехатронними модулями [25-27]. На основі кіберфізичного підходу можлива організація логістичних центрів в Україні [28], а на основі структурно-функціональних резервних схем процесу доставки забезпечується ефективність функціонування транспортних систем [29]. Кіберфізичний підхід передбачає самоорганізацію транспортних і виробничих систем [30] та дослідження їх стану [31]. Слід також зазначити, що інтелектуальні транспортні і виробничі системи є результатом впровадження кіберфізичних ефективних технологій [32] та розроблення нової системи організації та управління логістичними потоками [33].

При реалізації внутрішньомережевого інтелектуального моделювання істотно підвищується ефективність управління транспортом, виробництвом та їх інфраструктурою, особливо це важливо в складних і надзвичайних ситуаціях [34, 35].

Останнім часом зростає увага до КФС, моделей і методів їх побудови. Проте їх застосування для управління транспортом і виробництвом є недостатнім, а отже необхідні дослідження спеціальних методів, технологій та моделей КФС. Це визначає актуальність аналізу реальних умов функціонування, побудови модельних схем для формування підходу реалізації та розробки кіберфізичного алгоритму створення і удосконалення КФС.

Постановка завдання. Метою даної роботи є виявлення ролі та сутності кіберфізичного підходу, принципів створення, побудова концептуальної схеми та компонентної моделі кіберфізичних транспортно-виробничих систем та з'ясування на цій основі переваг кіберфізичних систем технічного сервісу машин при її побудові, функціонуванні та удосконаленні.

Виклад основного матеріалу. Згідно кіберфізичного підходу кіберфізичні системи створюються на основі інтеграції спеціальних технологій: Інтернет речей (Internet of things – IoT); вбудовані системи (Embedded system – ES); повсюдні (Ubiquitous computing – UC) і хмарні обчислення (Cloud computing – CC); мережевий обмін (Network exchange – NE).

Технології IoT – є технологіями [36], в яких будь-який фізичний об'єкт може бути з'єднано з будь-яким іншим фізичним об'єктом. Структурно така спеціальна технологія може бути представлена як спеціальна мережа або розподілена система, що включає міжмережеву взаємодію фізичних пристроїв, транспортних машин, будівель і інших об'єктів, вбудованих в електроніку (програмне забезпечення, датчики, виконавчі механізми). При цьому об'єктам, об'єднаним в спеціальну мережу, дозволяється збирати і обмінюватися даними. В аспекті опрацювання інформації і обчислень систему розглядають як обчислювальну мережу. Відмінність IoT, як системи, від звичайних комунікаційних систем (мережі, Інтернет) полягає в можливості самостійно виробляти обчислювальні операції. Саме ця властивість істотно розвинена в КФС.

Глобальна ініціатива, що стосується стандартизації технології IoT, визначила її як інфраструктуру інформаційного суспільства [37]. Ця технологія IoT дозволяє фіксувати і контролювати віддалені об'єкти через існуючу мережеву інфраструктуру. Завдяки цьому створюються можливості для інтеграції фізичного світу в комп'ютерні системи, що істотно полегшує умови функціонування КФС. Якщо технологія IoT доповнюється системою датчиків і приводів, то така комбінована технологічна система перетворюється в більш загальний клас розподілених систем - кіберфізичні системи. На практиці IoT може трактуватися як технологія, мережа та комунікаційна система. Це обумовлено її головними функціями: сервісними, комунікаційними і інформуючими. Зазначені функції пов'язані з технологією і технологічними складовими. В той час на відміну від IoT кіберфізична система трактується саме як система. Це обумовлено тим, що головними в КФС є технічні пристрої: виконавчі механізми, розподілена сукупність датчиків та приводів. Слід зазначити, що в КФС технологічні компоненти залишаються допоміжними і КФС є більш закритою в порівнянні з IoT.

Технології вбудованих систем (Embedded system - ES) є важливими технічними і технологічними компонентами КФС. ES являє собою комп'ютерну систему, що володіє спеціалізованими функціями і є підсистемою великої механічної або управлінської системи, та має обмеження в реальному часі з обчислювальних можливостей [38]. ES вбудована як частина повного пристрою, що включає сукупність апаратних та механічних деталей. Основним призначенням вбудованих систем є контроль інших пристроїв. Зазначимо, що 98% всіх мікропроцесорів є компонентами вбудованих систем [39]. Сучасні вбудовані системи переважно засновані на мікроконтролерах

(CPU) з вбудованою пам'яттю. В ES використовуються процесори різних типів, загального та спеціалізованого призначення. Загальним класом вбудованих процесорів є цифровий сигнальний процесор (DSP). Вбудовані системи варіюються від портативних пристроїв (цифрових годинників, MP3-плеєрів), до великих стаціонарних установок: світлофори; бортові комп'ютери, що керують витратою палива в автомобілі; гібридні автомобілі; мобільне командне реагування – MRT, авіоніка та евтоніка. Складність вбудованої системи варіюється від одного мікроконтролера до систем високого рівня, периферійними пристроями та мережами, встановленими всередині великого шасі або корпусу машини.

У процесах транспортування регулярно використовують вбудовані системи: інерціальні системи навігатора і приймачі GPS, що базуються на них. Різні електродвигуни: безщіткові постійного струму, асинхронні двигуни і двигуни постійного струму – застосовують електричні та електронні контролери. Автомобілі, електромобілі і гібридні автомобілі використовують вбудовані системи для максимізації ефективності та зменшення забруднення. Автомобільні вбудовані системи безпеки входять в антиблокувальну гальмівну систему (ABS), систему електронного контролю стійкості (ESC / ESP), систему контролю тяги (TCS) і автоматичний привід на всі колеса.

Повсюдні обчислення (Ubiquitous computing (UC)) є обов'язковою і відмінною технологічною частиною КФС. Вони формують відмінність кіберфізичних систем від систем звичайних виконавчих пристроїв і пасивних розподілених систем. UC створюють можливість самостійного аналізу і обробки інформації всередині самої КФС. Хмарні обчислення (Cloud computing (CC)) забезпечують повсюдний та зручний доступ на вимогу через мережу до спільного пулу обчислювальних ресурсів, що підлягають налагоджуванню, і які можуть бути оперативно надані та звільнені з мінімальними управлінськими затратами та зверненнями до провайдера. При реалізації хмарних обчислень програмне забезпечення надається користувачеві як інтернет-сервіс. Користувач має доступ до власної бази даних, але не може управляти і не повинен піклуватися про інфраструктуру, операційну систему і програмне забезпечення, з яким він працює. Зазначимо, що інформація постійно зберігається на серверах у мережі INTERNET і тимчасово керується на клієнтській стороні.

Як самостійні концепції повсюдні та хмарні обчислення існують не тільки в КФС, але і в програмній інженерії [40] та інформатиці, де обчислення проводяться в будь-який час і повсюди, як в локальній, так і в загальній області. На відміну від застосування ПК ці обчислення можуть відбуватися з використанням будь-якого обчислювального пристрою, в будь-якому місці і в будь-якому форматі. Користувач взаємодіє з різними за призначеннями комп'ютерами, включаючи портативні комп'ютери, планшети і термінали. Основні технології для підтримки хмарних обчислень включають INTERNET, розширене проміжне програмне забезпечення, операційну систему, мобільний код, датчики, мікропроцесори, інтерфейси введення / виведення, користувальницькі інтерфейси, мережі, мобільні протоколи, місце розташування і позиціонування.

US та CC можна трактувати як поширювальні обчислення (pervasive computing (PC)) [41], навколишній інтелект (ambient intelligence (AI)) [42] або будь-яке забезпечення (everyware (EW)) [43]. Зазначені терміни підкреслюють певні аспекти технологій повсюдних та хмарних обчислень. Вони стосуються широкого кола напрямків досліджень: розподілені обчислення, мобільні обчислення, локальні обчислення, мобільні мережі, контекстно-залежні обчислення, сенсорні мережі,

взаємодія між людьми і комп'ютером, штучний інтелект. По суті ці технології доповнюють інші розглянуті технології щоб сформувати кіберфізичні системи та забезпечити їх адаптивність і динамічну активність.

Основним недоліком КФС є складність їх побудови і функціонування, що вимагає залучення фахівців в процесі створення і підтримки. Складність кіберфізичних побудов обумовлює і складність загального визначення цих систем, їх функціонування та удосконалення, які подають через перерахування сукупності їх функцій, а тому при цьому виходять з різних аспектів. В аспекті інтегрованих систем КФС є комплексом обчислювальних, мережевих і фізичних процесів. В аспекті управління КФС – це розподілені системи управління, які містять вбудовані комп'ютери і обчислювальні вузли і управляють фізичними процесами. В аспекті методики обчислення КФС являють собою розподілені системи управління, які містять ланцюги зворотних зв'язків, в яких фізичні процеси впливають на обчислення і навпаки.

Оскільки кіберфізичний підхід до побудови, функціонування і удосконалення кіберфізичних транспортно-виробничих систем розвивається динамічно, то є необхідність створення його теоретичних основ та розроблення нових їх прикладень, що мають високий рівень надійності і ефективності. Виявлено, що кіберфізичні транспортно-виробничі системи виникли в результаті розвитку технічних засобів та обчислювальних технологій, тому їх концептуальна схема мають тринітарне відображення (рис. 1).

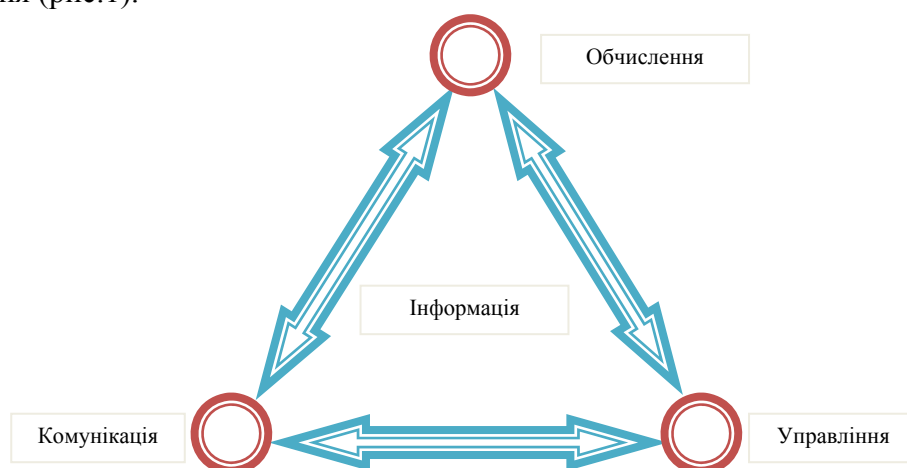


Рисунок 1 – Концептуальна схема відображення кібернетичної транспортно-виробничої системи
Джерело: розроблено авторами

Тринітарна концептуальність схеми транспортно-виробничої системи визначається трьома сутностями: комунікація, обчислення та управління, які об'єднують інформація. Головними функціями кіберфізичних транспортно-виробничих систем, в тому числі і кіберфізичних систем технічного сервісу машин, обробка інформації (обчислення), інтелектуальні комунікації та управління транспортними і виробничими характеристиками і процесами. З'ясована сукупність компонентів кіберфізичної транспортно-виробничої системи і побудована відповідна модель, яка включає дві групи компонент – еволюційну і технологічну (рис. 2).

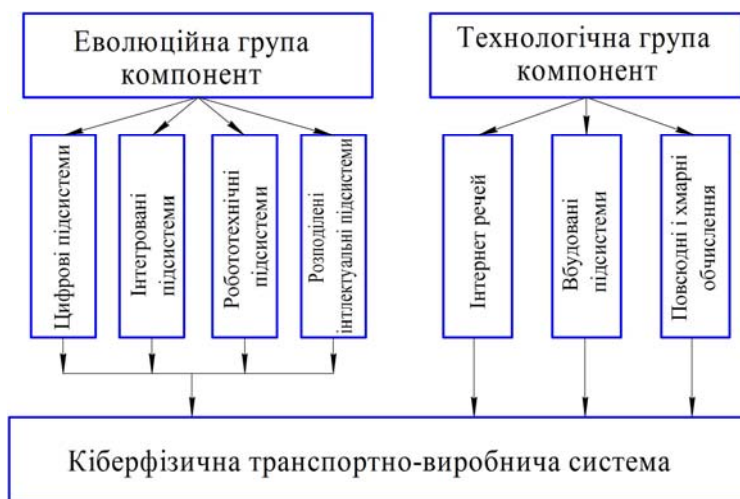


Рисунок 2 – Компонентна модель кіберфізичної транспортно-виробничої системи

Джерело: розроблено авторами

Еволюційна група компонент є своєрідною базою наявності передумов створення транспортно-виробничих систем, а технологічна – основа їх конкретних реалізацій. Звичайно, що створення і реалізація кіберфізичних транспортно-виробничих систем за теоретичним обґрунтуванням можуть бути різними, через те, що вони адаптуються під розв'язання різного плану певних проблем або завдань. Конкретною реалізацією кіберфізичної транспортно-виробничої системи є створення і функціонування кіберфізичної системи технічного сервісу.

Через високу адаптивність реалізація КФС залежить не тільки від поставлених завдань, але і об'єкта управління. Доцільність застосування КФС виникає і при управлінні складними системами та складними управлінськими ситуаціями. В аспекті обчислень КФС можливо порівняння з системами паралельних обчислень. Слід зазначити, що для простих ситуацій КФС є неефективними, а для складних – вони незамінні. Слід відмітити, що особливо важливим є значення КФС для великомасштабних розподілених систем автоматизації і управління, до числа яких належать сфера транспорту і виробництва. Що стосується транспортної та виробничої галузь, то створення і функціонування КФС є ефективним і економічно доцільним.

КФС використовують концептуальні, математичні, управлінські, технологічні та базисні моделі. КФС орієнтовані переважно на управління рухомими об'єктами [44]. При цьому слід зазначити, що однією з багатьох цілей при створенні КФС є виявлення кіберзагроз та інших загроз. Ця можливість означає, що КФС пристосовані до роботи з швидкоплинними ситуаціями і змінними цілями, чим створюється перевага КФС як системи багатоцільового управління [45].

Концептуальні моделі КФС будуються на основі інформаційних конструкцій [46], а базисні – на основі інформаційних одиниць, які утворюють мовне середовище. Відповідно до теорії семіотичного управління мовне середовище при цьому служить основою інтелектуального управління. В аспекті взаємодії КФС використовують новий тип моделей, побудованих на інформаційно-фізичному підході. В аспекті моделювання мережевої взаємодії КФС використовують новий тип моделювання - внутрішньомережеве онлайн моделювання. В аспекті інтелектуальної обробки інформації КФС використовують новий тип самоверифікуючих моделей і моделей внутрішньої онлайн оптимізації. Наявність інтелектуальних моделей в кіберфізичних транспортно-виробничих системах, робить їх стійкими до кібератаки і підвищує ступінь безпеки, що є важливим при забезпеченні безпеки руху на транспорті та

розробці системи охорони праці на виробництві.

На увагу заслуговують напрямки застосування КФС на транспорті і виробництві у вигляді транспортних (ТКФС) та виробничих кіберфізичних систем (ВКФС). При цьому ТКФС і ВКФС поділяються на два якісних їх типи: внутрішня система всередині об'єкта дослідження, що рухається, і зовнішня система, яка об'єднує комплекс рухомих об'єктів дослідження. Системи другого типу вирішують завдання управління трафіком руху в системі транспортних та виробничих потоків, а першого типу – управління окремими об'єктами в складних динамічно мінливих ситуаціях.

Висновки.

1. З'ясовано сутність і зміст кіберфізичного підходу при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем.

2. Виявлено, що принципово важливою властивістю кіберфізичної системи є включення в їх структуру інтелектуальних підсистем обробки інформації. Це свідчить про те, що кіберфізичні системи є розподіленими інтелектуальними системами.

3. Показано, що кіберфізичні системи є більш складними системами управління в порівнянні з існуючими системами управління транспортом і виробництвом. Вони вважаються розподіленими мережевими системами, але відрізняються від комунікаційних систем наявністю інтелектуальних підсистем і володінням різної природи властивостей самоверифіцируемості і онлайн модифікації потоків. У звичайних мережевих системах управління здійснюється ззовні користувачем.

4. Застосування кіберфізичних систем в транспортній і виробничій сферах дасть можливість підвищити надійність і ефективність транспортних та виробничих кіберфізичних систем. Кіберфізичні системи, на відміну від інтелектуальних технічних систем, більш стійкі до кібератак, завдяки наявності автономного управління та принципів саморегуляції.

5. В цілому аналіз можливостей кіберфізичних систем дозволяє сподіватися на прогрес в освоєнні кіберфізичного підходу і побудови моделей управління, створення його методологічних та теоретичних основ, інтеграцію виконавчих і сенсорних пристроїв в єдиний комплекс, перетворення окремих інтелектуальних підсистем в класичну автоматизовану паспортну систему управління. Перспективними є дослідження структур і властивостей кіберфізичних транспортно-виробничих систем на прикладі кіберфізичної системи технічного сервісу машин. Це стосується теорії і технологій їх створення, функціонування та удосконалення, а також електронного супроводу інформаційних процесів.

Список літератури

1. Голембо В., Бочкарьов О. Підходи до побудови концептуальних моделей кіберфізичних систем. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Комп'ютерні науки та інформаційні технології.* - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. № 864. С. 168-178.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Ляшук О.Л., Великодний Д.О. Принципові основи організації та вдосконалення системи технічного сервісу транспортних машин. *Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу с-х машин і знарядь*: збірник тез V Всеукраїнської науково-практичної конференції, 28-29 березня 2019 р. Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2019. С. 245-248.
3. Чехарин Е. Е. Большие данные: большие проблемы. *Перспективы науки и образования.* 2016. № 3. С. 7–11.
4. Khaitan et al. Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey, *IEEE Systems Journal*, 2014, 9(2), pp.1-16.
5. Jianjun S.et al.The analysis of traffic control Cyber-physical systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences.* 2013. Т. 96. С. 2487-2496.
6. Ван Чунжі, Яцишин С. П., Лиса О. В., Мідик А.-В. В. Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення. *Вимірювальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник.*

- Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2018. Том 79. № 1. С. 34-38.
7. Мейтус В. Ю., Морозова Г. І, Таран Л. Ю., Козлова В. П., Майданюк Н. В. Кіберфізичні системи ж основа інтелектуалізації "Розумних" підприємств. *Управляющие системы и машины*. 2019. №4. С.14-26.
 8. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Киберфизические системы в управлении транспортом. *МИР ТРАНСПОРТА*, 2018, том 16, № 2, С. 138-145.
 9. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Применение мультиагентных систем в интеллектуальных логистических системах. *Международный журнал экспериментального образования*. 2012. №6. С. 107-109.
 10. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичний аналіз діагностичних параметрів технічного стану систем та агрегатів засобів транспорту за допомогою методів теорії чутливості. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. 2017. Вип. 262. С. 227-239.
 11. Аулін В.В., Гриньків А.В. Метод визначення тенденцій зміни технічного стану засобів транспорту з використанням критеріїв статистичної інформативності та відносної чутливості. *Крамаровські читання: зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції, 22-23 лют. 2018 р., К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. С. 132-135.*
 12. Аулін В.В., Панков А.А. Эволюционное вычисление жизненного цикла технических средств на основе генетических алгоритмов. *Вісник інж. академії України*. 2017. №2. С.116-119.
 13. Аулін В.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Теоретико-методологічні основи побудови транспортно-логістичних систем. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: Матеріали VI-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 12-13 квітня 2018 року. Вінниця: ВНТУ, 2018. С.9-10.*
 14. Аулін В.В. Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Оптимізація і управління ресурсами в транспортно-логістичній системі АПК. *Міжвузівський збірник "Наукові нотатки"*. Луцьк: Луцький НТУ, 2018. №62. С.8-11.
 15. Аулін В.В., Великодний Д.О., Голуб Д.В., Дьяченко В.О. Підвищення ефективності управління логістичним ланцюгом постачання в транспортній системі. *Крамаровські читання: зб. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції, 21-22 лют. 2019 р., м. Київ: НУБіП, 2019. С. 195-198.*
 16. Аулін В.В., Жилова І.В., Лисенко С.В. Мезомеханіка – сучасний підхід до теорії зношування. *Підвищення надійності машин і обладнання: зб. тез доповідей XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців. Кропивницький: ЦНТУ, 2018. С. 75-77.*
 17. Аулін В.В., Лисенко В.М. Виявлення зв'язку триботехнічних характеристик матеріалу деталі з його температурою Дебая. *Підвищення надійності машин і обладнання: зб. тез доповідей XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців. Кропивницький: ЦНТУ, 2018. С. 7-78.*
 18. Аулін В.В., Замота Т.Н., Замота О.Н., Гриньків А.В. Технично-економічне обґрунтування переваг інтелектуальної стратегії технічного обслуговування і ремонту легкового автомобіля. *Вісник інж. академії України*. 2017. №4. С.50-56.
 19. Аулін В.В., Замота Т. М., Гриньків А. В., Замота О. М., Чернай А. Е. Переваги інтелектуальної стратегії технічної експлуатації з точки зору економічної ефективності. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2018. Вип. 192. С. 29-40.
 20. Аулін В.В., Великодний Д.О. Методи формування системи транспортно-технологічного забезпечення в АПК. *Транспорт і логістика: проблеми та рішення: збірник наукових праць за матеріалами VIII-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 23-25 травня 2018р. Одеса: КУПРІСНКО СВ, 2018. С. 15-17.*
 21. Аулін В.В., Голуб Д. В., Гриньків А.В. Концептуальний підхід дослідження функціонування транспортних систем. *Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 22-23 травня 2018 р. Харків: ХНАДУ, 2018. С.14-17.*
 22. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Удосконалення системи транспортного обслуговування підприємств агропромислового виробництва. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.*, 2017. Вип. 47, ч.ІІ. С. 3-10.
 23. Aulin V., Velykodnyi D., Dyachenko V. Concept of development and formation of transport-logistic systems in the agroindustrial complex. *Modern Management: Logistics and Education. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2018. P.165-169.*

24. Аулін В.В., Голуб Д.В. Реалізація фізико-інформаційного підходу дослідження проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування транспортних систем. *Вестник ХНАДУ*, 2018. вып. 81. С.21-28.
25. Аулін В.В., Панков А.А. Автоматизация и информатизация транспортных средств на основе распределенной системы управления с интеллектуальными мехатронными модулями. *Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту: збірник наукових матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*, ЦНТУ м.Кропивницький, Україна, 14-15 листопада 2018 року. Кропивницький. 2018. С.97-100.
26. Аулін В.В., Панков А.О., Гриньків А.В., Голуб Д.В., Щеглов А.В. Розробка інтелектуального мехатронного модуля для системи управління дозуванням. *Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2019): збірник тез Дванадцятій міжнародної науково-практичної конференції*, 21-22 травня 2019 року, Київ, Україна. К.: НАУ, 2019. С.173-175.
27. Aulin V.V., Pankov A.O., Zamota T.M., Lyashuk O.L., Hryniv A.V., Tykhyi A.A., Kuzyk A. V. Development of mechatronic module for the seeding control system. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2019. vol. 59, no.3. P. 181-188.
28. Aulin V., Pavlenko O., Velikodnyy D., Kalinichenko O, Hrinkiv A., Diychenko V., Dzyura V. Methodological approach to estimation of efficiency of the facing of the stock complex of transport and logistic centers in Ukraine. *ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference*, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine. С.120-134.
29. Аулін В.В., Голуб Д.В. Забезпечення ефективності функціонування транспортних систем шляхом підвищення надійності структурно-функціональних резервних схем процесу доставки. *Наука – виробництво 2019: зб. тез доповідей викладачів, аспірантів та співробітників Л наукової конференції*, 18 квітня 2019 року. Кропивницький: ЦНТУ, 2019. С. 17-20.
30. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. Принципи самоорганізації автомобільних транспортних систем. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали VIII-ої міжн. наук.-практичної інтернет-конф.*, 14-15 квітня 2020 року: зб. наук. праць / МОН України, ВНТУ [та ін.]. – Вінниця: ВНТУ, 2020. С.17-19.
31. Аулін В.В., Гриньків А.В. Кіберфізичний підхід в дослідження стану технічних систем. *Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С.168-169.
32. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Інтелектуальні транспортні системи як результат впровадження інноваційних ефективних технологій. *Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С.207.
33. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Кернус Р.О. Необхідність розроблення нової системи організації та управління логістичними потоками. *Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С.236-237.
34. Ігнатович А. О. Моделі застосування модифікованих блокових шифрів у кіберфізичних системах. Кіберфізичні системи досягнення та виклики : матеріали I Наукового семінару, 25-26 червня 2015 року, Львів. Національний університет "Львівська політехніка". - Львів: НВФ "Українські технології". 2015. С. 144-148.
35. Волков С. Л., Асабашвілі С. Д., Коломієць С. В. Модель оцінки якості життєвого циклу промислових кіберфізичних систем. *Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості*. 2018, вил. 2 (13). с. 43-49.
36. Дешко И. П., Кряженков К. Г., Цветков В. Я. Устройства, модели и архитектуры Интернета вещей. М.: Макс Пресс, 2017. 88 с.
37. Internet of Things Global Standards Initiative. ITU. <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>. Доступ 10.04.2017.
38. Barr M. Embedded Systems Glossary Neutrino Technical Library. <https://barrgroup.com/Embedded-Systems/Glossary>. Доступ 10.04.2017.
39. Barr M. Real men program in C. Embedded Systems Design. Techinsights (United Business Media).P.2.
40. Дешко И. П., Кряженков К. Г., Цветков В. Я. Системная и программная инженерия: Учебное пособие. – М.: Макс Пресс, 2018. 80 с.
41. Nieuwdorp E. The pervasive discource. *Computers in Entertainment*, 2007.5 (2): 13.
42. Hansmann U. et al. Pervasive Computing: The Mobile World. Springer, 2003.
43. Greenfield A. Everyware: the dawning age of ubiquitous computing. *New Riders*, 2006. Pp.11-12.
44. Tsvetkov V. Ya. Information Management of Mobile Object. *European Journal of Economic Studies*,

- 2012, Vol.1, № 1, pp.40-44.
45. Tsvetkov V. Ya. Multipurpose Management. *European Journal of Economic Studies*. 2012, Vol.2, № 2, pp.140–143.
46. Дешко И. П. Информационное конструирование: Монография. М.: Макс Пресс, 2016. 64 с.

References

1. Holembo V., Bochkarov O. (2017) Pidkhody do pobudovy kontseptualnykh modelei kiberfizychnykh system [Approaches to the construction of conceptual models of cyberphysical systems]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnik". Seriya: Kompiuterni nauky ta informatsiini tekhnologii – Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Series: Computer Science and Information Technology*. - Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. - Lviv : Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, № 864. S. 168-178 [in Ukrainian].
2. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Liashuk O.L., Velykodnyi D.O. (2019) Pryntsyповi osnovy orhanizatsii ta vdoskonalennia systemy tekhnichnoho servisu transportnykh mashyn [Fundamental bases of organization and improvement of the system of technical service of transport machines]. Prospects and trends in the development of structures and technical service of agricultural machines and tools: *zbirnyk tez V Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 28-29 bereznia 2019 r. Zhytomyr: Zhytomyrskiy ahrotekhnichnyi koledzh – a collection of abstracts of the V All-Ukrainian scientific-practical conference, March 28-29, 2019. Zhytomyr: Zhytomyr Agrotechnical College, 2019. S. 245-248 [in Ukrainian].*
3. Cheharin E.E. (2016). Bolshie dannye: bolshie problemy [Big data: big problems]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Prospects for science and education*. № 3. S. 7-11 [in Russian].
4. Khaitan et al. Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey (2014), *IEEE Systems Journal*, 9(2), pp.1-16 [in English].
5. Jianjun S.et al. (2013). The analysis of traffic control Cyber-physical systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. T. 96. C. 2487-2496 [in English].
6. Van Chunzhi, Yatsyshyn S. P., Lysa O. V., Midyk A.-V. V. (2018) Kiberfizychni systemy ta yikh prohramne zabezpechennia [Cyberphysical systems and their software]. Measuring equipment and metrology: *mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk - interdepartmental scientific and technical collection*. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky. Tom 79. № 1. S. 34-38 [in Ukrainian].
7. Meitus V. Yu., Morozova H. I, Taran L. Yu., Kozlova V. P., Maidaniuk N. V. (2019). Kiberfizychni systemy zh osnova intelektualizatsii "Rozumnykh" pidpriemstv [Cyberphysical systems are the basis of intellectualization of "Smart" enterprises]. *Upravliaiushchye systemy y mashyny - Control systems and machines*. №4. S.14-26 [in Ukrainian].
8. Lyovin B.A., Tsvetkov V.Ya. (2018). Kiberfizicheskie sistemy v upravlenii transportom [Cyberphysical systems in transport management]. *MIR TRANSPORTA - WORLD OF TRANSPORT*, tom 16, № 2, S. 138-145 [in Russian].
9. Rozenberg I. N., Tsvetkov V. Ya. (2012). Primenenie multiagentnykh sistem v intellektualnykh logisticheskikh sistemah [Application of multiagent systems in intelligent logistics systems]. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya - International Journal of Experimental Education*. №6. S. 107-109 [in Russian].
10. Aulin V.V., Hrynkiv A.V. (2017). Teoretychnyi analiz diahnostychnykh parametriv tekhnichnoho stanu system ta ahrehativ zasobiv transportu za dopomohoiu metodiv teorii chutlyvosti [Theoretical analysis of diagnostic parameters of technical condition of systems and units of means of transport by means of methods of the theory of sensitivity]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: tekhnika ta enerhetyka APK - Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex*. Vyp. 262. S. 227-239 [in Ukrainian].
11. Aulin V.V., Hrynkiv A.V. (2018). Metod vyznachennia tendentsii zminy tekhnichnoho stanu zasobiv transportu z vykorystanniam kryteriiv statystychnoi informatyvnosti ta vidnosnoi chutlyvosti [The method of determining trends in the technical condition of vehicles using the criteria of statistical informativeness and relative sensitivity]. *Kramarov readings: zb. tez dopovidei V Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii - collection. abstracts of the V International Scientific and Technical Conference, 22-23 liut. 2018 r., K.: Vydavnychiy tsentr NUBiP Ukrainy, S. 132-135 [in Ukrainian].*
12. Aulin V.V., Pankov A.A. (2017). Evolyutsionnoe vyichislenie zhiznennogo tsikla tehniceskikh sredstv na osnove geneticheskikh algoritmov [Evolutionary calculation of the life cycle of technical means based on genetic algorithms]. *Visnyk inzh. akademii Ukrainy - Bulletin of Eng. Academy of Ukraine*. №2. S.116-119 [in Russian].
13. Aulin V.V., Velykodnyi D.O., Diachenko V.O. (2018). Teoretyko-metodolohichni osnovy pobudovy

- transportno-lohistychnykh system [Theoretical and methodological foundations of construction of transport and logistics systems]. Problems and prospects for the development of road transport: *Materialy VI-oi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii - Proceedings of the VI International Scientific and Practical Internet Conference*, 12-13 kvitnia 2018 roku. Vinnytsia: VNTU, S.9-10 [in Ukrainian].
14. Aulin V.V., Velykodnyi D.O., Diachenko V.O. (2018). Optyimizatsiia i upravlinnia resursamy v transportno-lohistychnii systemi APK [Optimization and management of resources in the transport and logistics system of agro-industrial complex]. *Mizhvuzivnyi zbirnyk "Naukovi notatky" - Interuniversity collection "Scientific Notes"*. Lutsk: Lutskiy NTU, №62. S.8-11 [in Ukrainian].
 15. Aulin V.V., Velykodnyi D.O., Holub D.V., Dchenko V.O. (2019). Pidvyschennia efektyvnosti upravlinnia lohistychnym lantsiuhom postachannia v transportnii systemi [Improving the efficiency of logistics supply chain management in the transport system]. Kramarov readings: *zb. tez dopovidei VI Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii - collection. abstracts of the VI International Scientific and Technical Conference*. 21-22 liut. 2019 r., m. Kyiv: NUBiP, S. 195-198 [in Ukrainian].
 16. Aulin V.V., Zhylova I.V., Lysenko S.V. (2018). Mezomekhanika – suchasnyi pidkhid do teorii znoshuvannia [Mesomechanics - a modern approach to the theory of wear]. Improving the reliability of machinery and equipment: *zb. tez dopovidei KhII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh naukovtsiv - Coll. abstracts of the XII All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists*. Kropyvnytskyi: TsNTU, S. 75-77 [in Ukrainian].
 17. Aulin V.V., Lysenko V.M. (2018). Vyiavlennia zviazku trybotekhnichnykh kharakterystyk materialu detali z yoho temperaturoiu Debaia [Detection of connection of tribotechnical characteristics of material of a detail with its Debye temperature]. Improving the reliability of machinery and equipment: *zb. tez dopovidei KhII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh naukovtsiv - Coll. abstracts of the XII All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists*. Kropyvnytskyi: TsNTU, S. 7-78 [in Ukrainian].
 18. Aulin V.V., Zamota T.N., Zamota O.N., Grinkiv A.V. (2017). Tehniko-ekonomicheskoe obosnovanie preimuschestva intellektualnoy strategii tehnicheskogo obsluzhivaniya i remonta legkovogo avtomobilya [Feasibility study of the benefits of an intelligent strategy for maintenance and repair of passenger cars]. *Visnyk inzh. akademii Ukrainy - Bulletin of Eng. Academy of Ukraine*. №4. S.50-56 [in Russian].
 19. Aulin V.V., Zamota T. N., Grinkiv A. V., Zamota O. M., Chernay A. E. (2018). Preimuschestva intellektualnoy strategii tehnicheskoy ekspluatatsii s tochki zreniya ekonomicheskoy effektivnosti [Advantages of intelligent strategy of technical operation from the point of view of economic efficiency]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka - Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*. Vyp. 192. S. 29-40 [in Russian].
 20. Aulin V.V., Velykodnyi D.O. (2018). Metody formuvannia systemy transportno-tekhnologichnoho zabezpechennia v APK [Methods of formation of the system of transport and technological support in the agro-industrial complex]. Transport and logistics: problems and solutions: *zbirnyk naukovykh prats za materialamy VIII-yi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii - a collection of scientific papers on the materials of the VIII International Scientific and Practical Conference*, 23-25 travnia 2018r. Odesa: KUPRIIeNKO SV, S. 15-17 [in Ukrainian].
 21. Aulin V.V., Holub D. V., Hrynkiv A.V. (2018). Kontseptualnyi pidkhid doslidzhennia funktsionuvannia transportnykh system [Conceptual approach to the study of the functioning of transport systems]. Perspective directions of development of regional transport and logistics systems: *materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii - materials of the International scientific-practical conference*, 22-23 travnia 2018 r. Kharkiv: KhNADU, S.14-17 [in Ukrainian].
 22. Aulin V.V., Holub D.V., Hrynkiv A.V. (2017). Udoskonalennia systemy transportnoho obsluhovuvannia pidpriemstv ahropromysloвого vyrobnytstva [Improving the system of transport services for agro-industrial enterprises]. *Zahalnodержavnyi mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn - National interdepartmental scientific and technical collection. Design, manufacture and operation of agricultural machinery*, Kropyvnytskyi: TsNTU, vyp. 47, ch.II. S. 3-10 [in Ukrainian].
 23. Aulin V., Velykodnyi D., Dyachenko V. (2018). Concept of development and formation of transport-logistic systems in the agroindustrial complex. Modern Management: Logistics and Education. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, P.165-169 [in English].
 24. Aulin V.V., Holub D.V. (2018). Realizatsiia fizyko-informatsiynoho pidkhodu doslidzhennia problemy pidvyschennia nadiinosti ta efektyvnosti funktsionuvannia transportnykh system [Implementation of the physical and information approach to the study of the problem of improving the reliability and efficiency

- of transport systems]. *Vestnik HNADU - Bulletin of KhNADU*, vyip. 81. S.21-28 [in Ukrainian].
25. Aulin V.V., Pankov A.A. (2018). Avtomatizatsiya i informatizatsiya transportnykh sredstv na osnove raspredelennoy sistemy upravleniya s intellektualnyimi mehatronnyimi modulyami [Automation and informatization of vehicles based on a distributed control system with intelligent mechatronic modules]. Innovative technologies for the development and efficiency of road transport: *zbirnyk naukovykh materialiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii - a collection of scientific materials of the international scientific-practical Internet conference*, TsNTU m.Kropyvnytskyi, Ukraina, 14-15 lystopada 2018 roku. Kropyvnytskyi. S.97-100 [in Russian].
 26. Aulin V.V., Pankov A.O., Hrynkiv A.V., Holub D.V., Shcheglov A.V. Rozrobka intelektualnoho mekhatronnoho modulia dlia systemy upravlinnia dozuvanniam. *Intehrovani intelektualni robototekhnichni kompleksy (IIRTK-2019): zbirnyk tez Dvanadtsiatoi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, 21-22 travnia 2019 roku, Kyiv, Ukraina. K.: NAU, 2019. S.173-175 [in Ukrainian].
 27. Aulin V.V., Pankov A.O., Zamota T.M., Lyashuk O.L., Hrynkiv A.V., Tykhyi A.A., Kuzyk A.V. (2019). Development of mechatronic module for the seeding control system. *INMATEH – Agricultural Engineering*, vol. 59, no.3. P. 181-188 [in English].
 28. Aulin V., Pavlenko O., Velikodnyy D., Kalinichenko O., Hrynkiv A., Diychenko V., Dzyura V. (2019). Methodological approach to estimation of efficiency of the facing of the stock complex of transport and logistic centers in Ukraine. *ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference*, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine. C.120-134 [in English].
 29. Aulin V.V., Holub D.V. (2019). Zabezpechennia efektyvnosti funktsionuvannia transportnykh system shliakhom pidvyshchennia nadiinosti strukturno-funktsionalnykh rezervnykh skhem protsesu dostavky [Ensuring the efficiency of transport systems by increasing the reliability of structural and functional backup schemes of the delivery process]. *Science - production 2019: zb. tez dopovidei vykladachiv, aspirantiv ta spivrobitynykiv L naukovo konferentsii - coll. abstracts of reports of teachers, graduate students and staff of the L scientific conference*, 18 kvitnia 2019 roku. Kropyvnytskyi: TsNTU, S. 17-20 [in Ukrainian].
 30. Aulin V.V., Holub D.V., Bilichenko V.V., Zamurenko A.S. (2020). Pryntsypy samoorhanizatsii avtomobilnykh transportnykh system [Principles of self-organization of automobile transport systems]. Problems and prospects for the development of road transport: *materialy VIII-oi mizhn. nauk.-praktychnoi internet-konf. - materials of the VIII International scientific-practical Internet conference*, 14-15 kvitnia 2020 roku, VNTU, S.17-19 [in Ukrainian].
 31. Aulin V.V., Hrynkiv A.V. (2020). Kiberfizychnyi pidkhid v doslidzhennia stanu tekhnichnykh system [Cyberphysical approach to the study of technical systems]. Increase of Machine and Equipment Reliability: *materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii - materials of the International scientific-practical conference*, 15-17 kvitnia 2020 r. Kropyvnytskyi: TsNTU, S.168-169 [in Ukrainian].
 32. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Holovatyi A.O. (2020). Intelektualni transportni systemy yak rezultat vprovadzhennia innovatsiinykh efektyvnykh tekhnolohii [Intelligent transport systems as a result of the introduction of innovative efficient technologies]. Increase of Machine and Equipment Reliability: *materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii - materials of the International scientific-practical conference*, 15-17 kvitnia 2020 r. – Kropyvnytskyi: TsNTU, S.207[in Ukrainian].
 33. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Holovatyi A.O., Kernus R.O. (2020). Neobkhdnist rozroblennia novoi systemy orhanizatsii ta upravlinnia lohistychnymy potokamy [The need to develop a new system of organization and management of logistics flows]. Increase of Machine and Equipment Reliability: *materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii - materials of the International scientific-practical conference*, 15-17 kvitnia 2020 r. Kropyvnytskyi: TsNTU, S.236-237 [in Ukrainian].
 34. Ignatovych A.O. (2015). Modeli zastosuvannia modyfikovanykh blokovykh shyfriv u kiberfizychnykh systemakh [Models of application of modified block ciphers in cyberphysical systems]. Cyberphysical Systems of Achievement and Challenges: *materialy I Naukovoho seminaru - Proceedings of the First Scientific Seminar*, 25-26 chervnia 2015 roku, Lviv. Natsionalnyi universytet "Lvivska politekhnika". - Lviv: NVF "Ukrainski tekhnolohii". S. 144-148 [in Ukrainian].
 35. Volkov S.L., Asabashvili S.D., Kolomiets S.V. (2018). Model otsinky yakosti zhyttievoho tsykladu promyslovykh kiberfizychnykh system [Model of life cycle quality assessment of industrial cyberphysical systems]. *Zbirnyk naukovykh prats Odeskoi derzhavnoi akademii tekhnichnoho rehuliuвання ta yakosti - Collection of scientific works of the Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality*. vyl. 2 (13). S. 43-49 [in Ukrainian].
 36. Deshko I. P., Kryazhenkov K. G., Tsvetkov V. Ya. (2017). *Ustroystva, modeli i arhitekturyi Interneta veschey [Devices, models and architectures of the Internet of Things]*. M.: Maks Press, 88 s [in Russian].
 37. Internet of Things Global Standards Initiative. ITU. <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>. Docryt 10.04.2017 [in English].

38. Barr M. (2017). Embedded Systems Glossary Neutrino Technical Library. <https://barrgroup.com/Embedded-Systems/Glossary>. Доступ 10.04.2017 [in English].
39. Barr M. Real men program in C. Embedded Systems Design. Techinsights (United Business Media).P.2 [in English].
40. Deshko I. P., Kryazhenkov K. G., Tsvetkov V. Ya. (2018). Sistemnaya i programmaya inzheneriya: Uchebnoe posobie. – M.: Maks Press, 80 s [in English].
41. Nieuwdorp E. (2007). The pervasive discourse. *Computers in Entertainment*, 2007.5 (2): 13 [in English].
42. Hansmann U. et al. (2003). Pervasive Computing: The Mobile World.Springer [in English].
43. Greenfield A. (2006). Everywhere: the dawning age of ubiquitous computing. *New Riders*, Pp.11-12 [in English].
44. Tsvetkov V. Ya. (2012). Information Management of Mobile Object. *European Journal of Economic Studies*, Vol.1, № 1, pp.40-44 [in English].
45. Tsvetkov V. Ya. (2012). Multipurpose Management. *European Journal of Economic Studies*. 2012, Vol.2, № 2, pp.140-143 [in English].
46. Deshko I.P. (2016). Informatsionnoe konstruirovaniye: Monografiya. M.: Maks Press, 64 s [in English].

Viktor Aulin, Prof., Dr. tech. sci., **Andrey Grinkiv**, Senior Researcher, PhD tech. sci., **Artem Holovaty**, post-graduate

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Cyberphysical Approach to the Creation, Operation and Improvement of Transport and Production Systems

The content of the cyberphysical approach to the creation, functioning and improvement of transport and production systems is analyzed. It was found out how, on the basis of the approach, cyberphysical transport and production systems are created as the integration of special technologies of the Internet of Things; embedded systems; ubiquitous and cloud computing.

It was revealed that cyberphysical transport and production systems have a trinitarian concept and are defined by three entities: communication, computation and control, which unites information. It is determined that the main functions of cyberphysical transport and production systems are: information processing, intelligent communications, performance and process control.

A component model of such a system has been built, which includes two groups of components - evolutionary and technological. The evolutionary group of components includes subsystems: digital; integrated; robotic, intelligent distributed. These components are a kind of basis for the presence of prerequisites for the creation of transport and production systems.

It is noted that the technology group of components is the basis for concrete implementations of the Internet of Things, embedded systems and ubiquitous and cloud computing.

A cyberphysical system of technical service is proposed as a specific implementation of cyberphysical transport and production systems. It was determined that the modes of the proposed functional cyber system are: high adaptability; an appropriate level of efficiency; intelligence of management; high level of reliability; the use of a new on-net online simulation type; using a new type of self-verifying models; internal online optimization, etc.

It is shown that the presence of intelligent models in the cyberphysical model of technical service makes the system resistant to cyberattacks and increases the degree of safety when ensuring traffic in transport and the development of an occupational safety system during maintenance and repair operations.

cyberphysical approach, transport and production system, component model, technical service

Одержано (Received) 25.09.2020

Прорецензовано (Reviewed) 08.10.2020

Прийнято до друку (Approved) 19.10.2020