

*П.М. Гащук, д-р техн. наук, професор, С.В. Войтків, Б.В. Курач  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
Науково-технічний центр «Автополіпром»)*

## **ВИКОРИСТАННЯ ПОНЯТТЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ТИПАЖНИХ ПРОЕКТІВ АВТОБУСНОЇ ТЕХНІКИ**

Розглядається формалізований алгоритм формування типу автобусної техніки — суспільно вельми важливого портфеля проектів пасажирських транспортних засобів. За структурний елемент побудови типового ряду автобусів (і троллейбусів) береться так званий інтегральний модуль, який поєднує у собі кузовний і колісний субмодулі. Аналізуються на прикладі міських автобусів позитивні ефекти від впровадження зазначеного алгоритму. Вивчаються перспективи розвитку модульно-уніфікованої автобусної техніки. Наводяться приклади типорозмірних рядів модульно-уніфікованих міських автобусів на одинарних колесах з колісними формулами  $4 \times 2.1$ ,  $6 \times 4.1$ ,  $8 \times 4.1$ .

**Ключові слова:** автобус, проект, типаж, уніфікація, інтегральний модуль.

*П.М. Гащук, С.В. Войтків, Б.В. Курач*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОНЯТИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТИПАЖНЫХ ПРОЕКТОВ АВТОБУСНОЙ ТЕХНИКИ**

Рассматривается формализованный алгоритм формирования типа автобусной техники — общественно весьма важного портфеля проектов пассажирских транспортных средств. В качестве структурного элемента построения типового ряда автобусов (и троллейбусов) используется так называемый интегральный модуль, который объединяет в себе кузовной и колесный субмодули. Анализируются на примере городских автобусов положительные эффекты от внедрения указанного алгоритма. Изучаются перспективы развития модульно-унифицированной автобусной техники. Приводятся примеры типоразмерных рядов модульно-унифицированных городских автобусов на одинарных колесах с колесными формулами  $4 \times 2.1$ ,  $6 \times 4.1$ ,  $8 \times 4.1$ .

**Ключевые слова:** автобус, проект, типаж, унификация, интегральный модуль.

*P.M. Hashchuk, S.V. Vojtkiv, B.V. Kurach*

## **USE OF THE CONCEPT OF INTEGRAL MODULE FOR THE FORMATION OF THE TYPE RANGE PROJECTS OF BUSES**

The formalized algorithm of forming type range of buses is regarded — a society of very important project portfolio of the passengers transport vehicles. As a structural element of construction of the type range of buses (and trolleybuses) is taken so called integral module that combines bodywork and wheel submodules. On the example of city buses the positive effects of introduction of this algorithm are analyzed. The prospects of the module-unified buses are examined. The examples of the dimension-type series of module-unified city buses on the single wheels with a wheel formula  $4 \times 2.1$ ,  $6 \times 4.1$ ,  $8 \times 4.1$  are provided.

**Keywords:** bus, project, type range, unification, integral module.

**Мотиви-спонуки.** Суспільство розвивається зазвичай еволюційним шляхом та, часом, і революційним. Абсолютна ж більшість учених, практиків, розумних політиків віддає перевагу еволюційним напрямкам розвитку. Найпоширенішим засобом еволюції є реформи, що безперервно й ґрунтовно готуються-розробляються за аксіологічними\* критеріями, але впроваджуються дискретно-поетапно у принципово важливі сфери суспільного життя. Однією з найважливіших таких сфер є, звісно, транспорт.

Ще на початку 1980-х років у Всесоюзному конструкторсько-експериментальному інституті автобусобудування (Україна, м. Львів) було розроблено вельми оригінальний ескізний проект типорозмірного ряду (ТРР) модульно уніфікованих міських автобусів. Проект розроблявся з метою:

- показу ширшій аудиторії можливості принципово нової модульно-блокової уніфікації типорозмірного ряду автобусної техніки, що дає змогу радикально інтенсифікувати її проектування, виробництво, експлуатацію;

- показу спеціальній аудиторії позитивного ефекту від впровадження модульно-блокової конструктивно-технологічної структури у принципові конструктивно-компонувальні рішення щодо автобусної техніки із можливістю створення раціональних у багатьох сенсах модульно-уніфікованих конструкцій автобусів та формування цільної конструктивно й технологічно скоординованої системи автобусної техніки;

- створення підґрунтя для опрацювання в подальшому Системи модульно-уніфікованих типорозмірних рядів АТЗ як прагматичної «технічної концепції», якою доцільно керуватись у процесі розроблення й втілення державної програми розвитку виробництва АТЗ.

Всі пошукові конструктивно-технологічні розвідки й дослідження емпіричного характеру так чи інакше привели до розуміння необхідності наукового осмислення отриманих результатів, необхідності спрямувати всі практичні потуги в русло науки. Отож було розроблено проект НДР і ДКР «Модульно-блокове проектування системи модульно-уніфікованих типорозмірних рядів (ТРР) автотранспортних засобів (АТЗ) і їхня дослідно-конструкторська розробка». Зміст і структура проекту цієї наукової праці логічно впливала з розробленого ескізного проекту ТРР модульно-уніфікованих міських автобусів, в основу якого покладено винахід «інтегральний модуль», за допомогою якого можна модулювати ТРР модульно-уніфікованих АТЗ, захищений авторським свідоцтвом СРСР № 931568 [1], патентами ФРН № 3050288С і США № 44693С9 [2, 3] та ще й авторським пріоритетом в Японії.

Цей проект сконденсував у собі два напрямки науково-практичної діяльності:

- науково-дослідний, зорієнтований на конкретизацію винаходу «інтегральний модуль», теоретичне осмислення потенційних його властивостей і прогнозування можливостей ефективного застосування;

- дослідно-конструкторський, що призвів до розробки системи модульно-уніфікованих ТРР автобусної техніки а, разом з тим, до розробки ТРР модульно-уніфікованих дорожніх і позадорожніх (повнопривідних) вантажних автомобілів.

Здавалося б, все підготовлено (суто еволюційно), аби впровадити реформу (здійснити революційний акт) — запровадити ідеологію модульної уніфікації як в автомобілебудуванні [4], так і в сфері перевезень. І віддавна аргументів на користь цієї ідеології — більше, ніж навіть достатньо [5, 6]. Проте, у повній мірі поширення ця ідеологія чомусь таки не набула.

Без вагомих на те причин питання вмотивованої технічної політики — перспективний розвиток конструкцій транспортних машин, удосконалювання їх типажів, питання стандартизації й уніфікації — виявилися в Україні десь на задньому плані. Відповідно змістилися акценти й пріоритети, спотворилися інтереси в науково-дослідній діяльності: превалує розробка порівняно дрібних наукових тем, примітивне викінчення й, як кажуть, супровід дещо модернізованих конструкцій у серійне виробництво потіснили роботи над перспективними проектами принципового характеру, де без науки не обійтись.

---

\* Аксіологія (від грец. *αξία* — цінність і *...логія*) — вчення про цінності.

Мета статті — розкрити найвагомші можливі наслідки від сповідування уніфікаційної ідеології в автомобілебудуванні та основні досягнення методології модульного формування типажних рядів автомобільних транспортних засобів. Кожен типорозмірний ряд автотранспортних засобів — це портфель проектів, де уніфікаційність позначилась і на робочій структурі (Work Breakdown Structure — WBS), і на організаційній структурі (Organization Breakdown Structure — OBS), і на затратній структурі (Cost Breakdown Structure — CBS) кожного з цих проектів.

**Особливості структурування міських автобусів.** Можна стверджувати, що міські автобуси перевозять не людей (пасажирів) як таких, а мінливі з плином часу доби пасажиропотоки, і тому конструктивно-технологічні структури (КТС) їхніх кузовів й шасі повинні бути розраховані на суттєві короткотривалі перевантаження в години «пік». Зважаючи на це, у процесі роботи над Системою модульно-уніфікованих типорозмірних рядів автобусної (й вантажної) техніки, було резонно прийнято за базову КТС міського автобуса максимальної вантажності-пасажиромісткості.

Модульно-уніфікований ТРР міських автобусів розроблявся із застосуванням механічного (неелектричного) приводу. А це, завдяки ще й застосуванню більшої, ніж зазвичай, кількості мостів з одинарними колесами зменшеного діаметра та незалежного підвішування кузовів, дозволяє мати такий привід мостів, що допускає вистеляння рівної підлоги на висоті 610 мм (за формулою  $360 + 250$  мм; 360 мм — максимальний рівень першої сходинки над дорогою; 250 мм — максимальна допустима висота другої сходинки) вздовж усього автобуса. Крім цього, компоувальна схема шасі міських автобусів модульно-уніфікованого ТРР дозволяє задати висоту 360 мм підлоги у межах від кабіни водія до привідних мостів (йдеться про тандемний привід), що становить 70...90 % (залежно від типорозміру автобуса й розміщення двигуна чи силового агрегата) тієї площі підлоги, що відведена для стоячих пасажирів автобуса.

Але й сучасний вантажний автомобіль, особливо дорожній, з огляду на вимоги до ходових властивостей, до рівня комфортності умов роботи водія, до якості дизайну загального екстер'єру й інтер'єру кабіни тощо загалом не повинен поступатись автобусу, який серед великовантажного автотранспорту завжди вирізнявся особливо високими вимогами до активної безпеки, надійності, стійкості на дорозі, рівня комфорту і для пасажирів, і для водія... Отже формування типорозмірних рядів автобусів і вантажних автомобілів повинно здійснюватись на основі єдиної системи агрегатів, а тому відпадає необхідність розробки й виробництва спеціальних «автобусних» та «вантажних» агрегатів [4].

Отож аналізуючи в руслі тенденцій світового автомобілебудування принципи формування раціонального (оптимального) типорозмірного ряду модульно-уніфікованих міських автобусів, неминуче доходиш висновку, що насправді завдання доречно й доцільно формулювати ширше: потрібно виробити концепцію створення єдиної конструктивно-технологічної структури автотранспортних засобів, об'єднаних у систему таких модульно-уніфікованих типорозмірних рядів, що включають в себе, крім міських, також і міжміські автобуси, і туристичні автобуси, і тролейбуси, а також загалом типорозмірні ряди вантажних дорожніх і навіть вантажних позадорожніх автомобілів.

**Технологія виробництва й маркетинг.** Творити виріб означає досконалою способами і засобами наділяти певний конгломерат (нагромадження, безладне поєднання) речей і матеріалів можливістю виконувати корисну функцію, продукувати і множити користь. Досконалий процес проектування виробу невіддільний від усвідомленого домагання залучити (винайти) досконалу технологію виготовлення цього витвору. Створення виробу — це й «створення» виробництва. Досконалість виробу простежується як у задумі (проекті), так і у виготовленні й використанні (споживанні його властивостей). Не дарма кажуть, що дизайн без технології й інжинірингу — це утопія. Але саме завдяки конструктивно-технологічній структурі виключно модульно-блокової побудови автобусів на засадах цілковитої уніфікації,

стає можливим творити такі модульно-уніфіковані автобуси на одних і тих самих технологічних лініях з використанням мінімальної множини агрегатів, вузлів, деталей.

На загал відомо, якісне виконання міським пасажирським транспортом своїх функцій — засіб надійного відтворення робочої сили, зростання продуктивності суспільної праці, підвищення культурного рівня населення (міщуків). Важливим чинником, що позначається на якості й ефективності роботи пасажирського транспорту, є структура рухомого складу автобусних парків — співвідношення автобусів різного призначення (класу) і пасажировмісності (розміру) [7]. Звісно, оптимальність, гармонійність структури парку рухомого складу — перманентно дуже мінливий орієнтир, дуже «нечіткий дороговказ», за яким експлуатаційникам вельми важко спрямовувати свої діяння. Та завдяки створенню проекту модульно-уніфікованого ТРР міських автобусів, уперше в історії автобусобудування, виробництво одержало можливість запустити так звані «гнучкі» технології, що дозволяють без зміни технологічних ліній швидко, так би мовити — «на замовлення», задовольнити вмотивовані особливостями транспортного процесу вимоги експлуатаційників щодо нагальної (в розумних темпах) зміни рухомого складу автобусних парків-підприємств, для яких автобус є засобом виробництва. Все сказане відповідає вимогам концепції соціально-етичного маркетингу, суть якої полягає у ретельному вивченні потреб споживачів (а не нав'язуванні своїх) та якісному їх задоволенні за умови, що ці потреби збігаються з інтересами суспільства.

А інтереси суспільства, коли йдеться про автобусобудування, полягають у якісному забезпеченні все зростаючої рухливості населення ефективними носіями дуже мінливих за спрямованістю й потужністю пасажирських потоків — доскональними, саме уніфікованими, автобусами, яким властиві (завдяки раціональній конструктивній структурі) збільшена місткість (вантажність), підвищена активна безпека, зменшена навантага на колісні мости, через що автобуси у значно меншій мірі руйнуватимуть дорогу (вулицю) і виникатиме можливість ефективніше оперувати податками, що йдуть на будівництво й утримання дорожньої (вуличної) мережі.

Досвід пострадянських десятиліть, засвідчив цілковиту (з поважних, об'єктивних, та й не дуже, причин) неспроможність приватних перевізників організувати повноцінну сучасну систему пасажирських перевезень. Тому, зважаючи на величезну соціальну значущість автобусобудування, кожна держава повинна бути зацікавлена в укладанні Національної програми розвитку автотранспортних засобів і пасажирських перевезень та в наданні праксеологічної допомоги містам у створенні повноцінної системи муніципальних автобусних парків з раціональною структурою рухомого складу для організації цивілізованого транспортного процесу. Небокрай інтересів держави завжди ширший за небокрай будь-якого приватного перевізника.

**3G-автобуси — автобуси третього покоління (третьої генерації).** Так складається, що аналізуючи світову практику формування типорозмірних рядів автобусів та керуючись при цьому рівнем конструктивно-технологічної уніфікації автобусних кузовів і шасі, можна чітко, без особливих труднощів, розпізнати два покоління (дві генерації) автобусної техніки:

- перше покоління (1G-автобуси) — низка автобусів-унікумів цілком моноблочної конструкції, що не уніфіковані ні за кузовом, ні за шасі і часто навіть не вписуються в який-небудь чимось змістовним обумовлений ряд;

- друге покоління (2G-автобуси) — типорозмірний ряд автобусів частково поліблочної конструкції, в якому окремі частини тільки кузовів повторюють самих себе, тобто ряд, уніфікований тільки за кузовом.

Звісно, якщо уніфікація системно охоплюватиме й кузови, й шасі того чи іншого ряду автобусів, то вже мова має йти про третє покоління автобусів (про 3G-автобуси). Саме про модульно-уніфіковані 3G-автобуси йтиметься далі.

Приміром, зображені на рис. 1 менший і більший автобуси побудовані із застосуванням структурно однакових так званих інтегральних модулів ІМ поряд з однаковими передньою МП і задньою МЗ масками та віконним модулем (віконною секцією) ВМ.

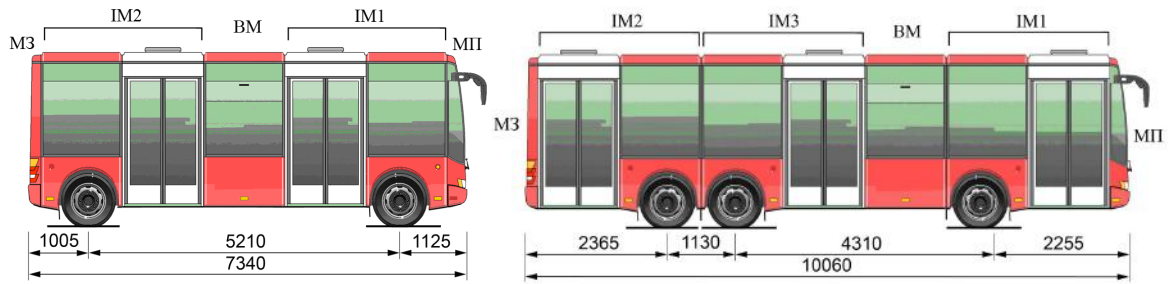


Рисунок 1 — Модульний принцип формування типорозмірного ряду автобусів із застосуванням інтегрального модуля

Якщо умовно надати формулам  $MP+BM+M3 = m$ ,  $IM1=IM2=IM3=IM = \mu$  матеріального і формального змісту модулів, то похідні формули

$$a_2 = m + IM1 + IM2 = m + 2\mu \quad \text{і} \quad a_3 = m + IM1 + IM2 + IM3 = m + 3\mu$$

матеріально визначатимуть менший і більший автобуси, а формально — два суміжні члени арифметичної прогресії. Автобуси мають тільки одинарні колеса. Це ще більше посилює арифметичну гармонію у їх структурі.

Звісно, ряд «арифметично» модульованих автобусів не може бути надто довгим через певні нормативні обмеження (якщо на них звертати увагу). 18 лютого 2002 р. побачила світ директива 2002/7/ЄС як доповнення до директиви 96/53/ЄС від 25 липня 1996 р., відповідно до якої максимальна довжина транспортного засобу не повинна перевищувати: у разі автобуса на базі сідельного тягача (начіпного) — 18,75 м, у разі двомостового автобуса — 13,50 м, у разі автобуса із більш ніж двома мостами — 15,00 м, у разі автобуса з причепом — 18,75 м. Збільшення довжини автобуса лімітоване можливостями вписуватися в транспортний потік, у вуличну мережу, але завжди є бажаним, оскільки подовжені автобуси беруть на облавки більше пасажирів і зменшують при цьому необхідну кількість автобусів на дорозі у разі фіксованого пасажиропотоку, а часом, приваблюють нових пасажирів, які раніше пересувались своїми автомобілями, що запруджували дорогу.

Зрозуміло, конструктивний модуль заледве чи може збігатись із структурним. Пріміром, структурно однакові інтегральні модулі малого і великого автобусів конструктивно, проте, різні, оскільки дверні субмодулі приєднанні там до віконно-колісних не з одного і того самого боку (див. рис. 1). До того ж, формуючи інтегральні модулі, слід зважати на те, що пасажирські двері у більшості країн (і в Україні) необхідно завжди розміщати у правій боковині кузова. Тому й інтегральні модулі одного і того самого автобуса також конструктивно різні. Взагалі кажучи, конструктивний модуль — це конструктивна частина автобуса, що в певному сенсі якнайповніше матеріалізує видовий, підвидовий... параметричний й розмірний, відповідні різниці ряду арифметичної прогресії, модулі.

Створення системи модульно-уніфікованих ТРР автобусної (і тролейбусної також) техніки забезпечить задоволення нагальних вимог всіх складових системи суспільного відтворення (матеріального виробництва, розподілу, обміну, споживання) інтенсивного (не екстенсивного) штибу:

○ У сфері **проектування-конструювання** дасть змогу поліпшити організацію технічної підготовки виробництва нових автобусів:

а) На стадії конструкторської підготовки:

- значно зменшити обсяг конструкторських робіт, знизити їх трудомісткість і скоротити терміни проектування-конструювання;
- знизити ризик, зменшити ймовірність невдачі проекту завдяки можливості ретельнішого (на засадах ретроспекції й залучення минулого й паралельного успіху) відпрацьовування уніфікованих агрегатів, вузлів і деталей.

б) На стадії технологічної підготовки:

- типізувати технологічні процеси;
- звести кількість технологічних процесів до оптимальної;
- вмотивовано укоротити типаж і кількість використовуваного устаткування, оснащення й інструмента;
  - уніфікувати технологічну документацію й, серед іншого, скоротити тривалість та знизити трудомісткість процесу розроблення технологічних процесів;
  - уніфікувати технологічне оснащення, використати агрегатні верстати, що суттєво прискорить технологічну підготовку виробництва;
    - скоротити номенклатуру й забезпечити уніфікацію застосовуваних матеріалів.
  - У сфері **виробництва** дасть змогу забезпечити розвиток автобусобудування переважно за рахунок інтенсивніших чинників (чинників інтенсивної природи):
    - ліквідувати універсалізм й автономність виробничої структури існуючих автобусних заводів за рахунок реінжинірингу в автоскладальні й передати виготовлення всіх комплектувальних виробів, штамповок, ливарних виробів, інструмента, технологічного оснащення тощо агрегатним спеціалізованим заводам чи цехам, що значно скоротить потребу у виробничих площах на власне автоскладальних заводах;
      - забезпечити предметну, подетальну й технологічну спеціалізацію виробництва, підвищити програму виробництва на кузовоскладальних спеціалізованих заводах до рівня мінімально допустимої чи, в певному сенсі, оптимальної;
      - забезпечити можливість комплексної (радіше цілковитої) механізації, автоматизації, роботизації виробництва автобусів;
        - забезпечити значне заощадження капіталовкладень і трудових ресурсів;
        - знизити собівартість виготовлення автобусів;
        - знизити трудомісткість і різко підняти якість виготовлення автобусів;
        - завдяки уніфікації, взаємозамінності й агрегуванню складових частин автобусів типорозмірного ряду забезпечити кузовоскладальним заводам можливість збирати на своїх лініях всі типорозміри автобусів.
      - У сфері **експлуатації** дасть змогу створити умови для інтенсифікації автобусних (і тролейбусних) перевезень:
        - без надмірних зусиль реалізувати перспективний Типаж автобусів-тролейбусів, цілком відповідний структурі транспортного процесу та умовам інтенсивної форми ведення економіки;
        - оптимізувати структуру парку рухомого складу країни, залучаючи у перевізний процес оптимальну кількість транспортних одиниць — обов'язково відповідного призначення й запитуваного класу;
        - підвищити перевізну спроможність транспортних підприємств шляхом підвищення пасажиромісності автобусів-тролейбусів ТРР у середньому на 20 % у порівнянні із серійними, неналежними системі модульно-уніфікованих типорозмірних рядів, за однакових умов і обмежень;
          - забезпечити автобусні парки країни єдиним уніфікованим комплектом запасних частин для всіх автобусів типорозмірного ряду (проти п'яти, зазвичай, комплектів);
          - уніфікувати технологію обслуговування, профілактики й ремонту;
          - скоротити номенклатуру й типаж технологічного устаткування й інструмента, а також значно зменшити потребу у виробничих площах;
          - знизити трудомісткість технічного обслуговування й ремонту автобусів-тролейбусів;
          - скоротити час простою автобусів-тролейбусів у ремонті завдяки можливості задіяти агрегатний метод ремонту;
          - підвищити виробничу потужність транспортних підприємств та їх техніко-економічні показники;

- здійснити спеціалізацію й кооперування технічного обслуговування й ремонту автобусів-тролейбусів у великих містах і промислових центрах;
- спростити й скоротити тривалість проектування нових транспортних підприємств і реконструювання, за потреби, існуючих;
- уніфікувати програму підготовки водіїв і механіків.
  - У сфері **споживання** дасть змогу забезпечити систематично зростаючу транспортну рухливість населення країни відповідними регулярними й якісними перевізними можливостями завдяки:
    - раціоналізації структури автобусного парку, максимально пристосованого до цілей та завдань транспортного процесу;
    - забезпеченню якості (безпечності й комфортності) перевезень через поліпшення конструктивних параметрів-характеристик автобусів — завдяки розміщенню силової установки в межах колісної бази, вистелянню рівної підлоги, використанню подвійних пасажирських дверей і більших накопичувальними майданчиків, ще й рівномірно розташованих вздовж салону автобуса, збільшенню бази й колії коліс, рівномірному розподілові навантаження на мости, зменшенню невіднесених мас тощо;
    - створенню гнучкої системи керування рухом автобусів на маршрутах.

**Окремі особливості будови та властивостей 3Г-автобусів.** *Розміщення силового агрегату.* Відповідно до метро-ритмічної\* структури улаштування типорозмірного ряду автобусів встановлення силового агрегату (двигуна внутрішнього згоряння в блоці зі скринькою передач з прямим виходом) у кузовах модульно уніфікованих автобусів з механічним приводом доречно під підлогою, ліворуч поблизу борта, у межах спеціально збільшеної колісної бази. Вибір цього варіанта розташування силового агрегату надає автобусам модульно-уніфікованого ТРР, порівняно з традиційними двомостовими автобусами із заднім розташуванням силового агрегату, нейтральнішу поворотність (завдяки зближенню центра мас автобуса з його метacentром), збільшену стійкість проти заносів на великих швидкостях пересування, покращуючи тим самим загалом керованість і стійкість автобусів, особливо на дорогах з низьким зчепленням.

Для втілення обраного стилю компоновання автобусів краще підходять дизельні двигуни, габаритна висота яких мінімальна, — двигуни з горизонтальним рядним або горизонтальним опозитним розташуванням циліндрів. Аби цілковито задовольнити вимоги проекту модульно-уніфікованих ТРР, необхідні два типорозміри максимально уніфікованих двигунів — чотири- й шестициліндрові з турбонадувом та проміжним охолодженням повітря. Такого штибу двигуни різної потужності й габаритної довжини повинні б утворювати множину двигунів, найбільш підхожих до типу й розміру автобуса. Природно, що найдоцільніше було б водночас паралельно розробляти проекти автобусів модульно-уніфікованих ТРР і проекти уніфікованих ТРР двигунів для цих автобусів. Однак, до миті створення типорозмірного ряду двигунів, гожого саме для автобусів модульно-уніфікованого ТРР, як цілком прийнятну альтернативу можна вважати застосування існуючих двигунів відомих фірм MAN, DEUTZ, IVECO з необхідними змінами компоновальних схем окремих типів автобусів.

---

\* Метр (франц. metre, від грец. μέτρον — міра) — 1) одиниця довжини в Міжнародній системі одиниць, що дорівнює довжині шляху, який проходить світло у вакуумі за  $1/299792458$  частку секунди; 2) система організації музичного ритму, порядок чергування сильних і слабких долей у такті. Друге трактування метра в переносному сенсі, звісно, найпривабливіше для розуміння того, про що тут йдеться. А конкретно, цього разу «метр» — найпростіша повторність — присутність чи наявність на різних інтервалах чогось цілого морфологічно (геометрично-просторово) і аксіологічно (кількісно-якісно) тотожних величин, частин, елементів. Ритм (від грец. ρυθμός — розмірність, узгодженість) — рівномірне чергування впорядкованих елементів (звукових, мовних, зображальних, видових, структурних, конструктивних тощо). Тут «ритм» — дискретно рівномірне набуття впорядкованих, морфологічно і аксіологічно тотожних частин, елементів. Тож метр і ритм задають відповідно абсцисну і ординатну шкали в системі координат, в якій точками відображено ряд об'єктів. Ці точки лежать на прямій, якщо об'єкти підпадають під арифметичну гармонію.

Важливо, аби зовнішня швидкісна характеристика двигуна відповідала призначенню автобуса: двигун міського автобуса повинен мати високий обертовий момент в області малих значень частоти робочих циклів (частоти обертання вала двигуна), а міжміського — в області її високих значень. Загалом всі сучасні, альтернативні в окресленому сенсі, двигуни, повністю відповідають цим вимогам і мають, при цьому, прийнятні габарити й масу.

*Про раціональну висоту рівня підлоги міських автобусів.* Міські автобуси модульно-уніфікованого ТРР із механічним приводом мають рівну (горизонтальну) на висоті 610 мм підлогу вздовж усього автобуса із однією сходинкою в пасажирських дверях, але можливе пониження висоти підлоги до 360 мм на ділянці від кабіни водія до привідного моста, а це, залежно від типорозміру автобуса, становить 70...90 % від площі для стояння пасажирів (вимоги ж Правил СЕК ООН № 107 поміркованіші — лише 35 %), що на користь пасажирів з обмеженими фізичними можливостями.

Доцільність вистеляння підлоги міських автобусів модульно-уніфікованих ТРР на рівні 610 мм впливає з можливості і бажання мати висоту основи кузова, рівною 300 мм, що істотно позитивно позначається на міцності їхніх кузовів, оскільки момент опору каркаса основи безпосередньо залежить від квадрата його висоти, а разом з подовжньо розосередженою зменшеною до 6 тонн навантагою на мости автобуса робить кузови надійнішими й довговічнішими, особливо у разі експлуатації автобусів на передміських маршрутах дорогами з полегшеним дорожнім покриттям, зазвичай поганої якості.

Конструктивно-технологічна структура кузовів модульно-уніфікованих ТРР міських автобусів та їхній поперечний переріз дозволяють синтезувати автобуси з висотою підлоги 360, 610 й 860 мм на одних і тих самих технологічних лініях. Мотивація вибору висоти підлоги 610 мм полягає в тому, що це дозволяє будувати максимально уніфіковані міські автобуси, оптимально пристосовані до сучасних вимог експлуатації на середміських і передміських маршрутах, а ще — конструктивно-технологічна структура таких автобусів готова в майбутньому «прийняти» електротрансмісію з мотор-колісьми та вистеляння підлоги на висоті 360 мм по всій довжині автобусів у разі створення середміських електроавтобусів.

*Експлуатаційні властивості міських автобусів модульно-уніфікованого типоряду.* Експлуатаційні властивості автобуса характеризують можливість його ефективного використання в певних умовах і дозволяють оцінити, якою мірою його конструкція відповідає вимогам-потреbam експлуатації. Основними експлуатаційними властивостями автобусів є динамічність (розгінна й гальмівна), енергетична (паливна) ощадність, керованість, стійкість, прохідність, пристосованість до технічного обслуговування й ремонту, прилаштованість до пасажирообміну.

Під динамічністю (швидкісністю, що не пов'язана, однак, зі здатністю пересуватись з якнайвищими поточними швидкостями) автобуса розуміють його властивість-здатність перевозити пасажирів з максимально можливою середньою (!) швидкістю при заданих дорожніх умовах. Динамічність автобуса зумовлена його розгінними й гальмівними властивостями. Через малу відстань між регламентованими маршрутними зупинками, велику кількість вимушених сповільнень чи зупинок перед світлофорами та через випадково «сіяні» епізодичні перешкоди на вуличній мережі швидкісні режими руху міських автобусів на маршрутах у великих та середніх містах — це здебільшого дуже довга низка циклів «розгін — уповільнення — гальмування». Найбільша середня швидкість, досяжна в межах циклу, становить десь 10...50 км/год, а тривалість циклу — 11...96 с. За таких умов руху міського автобуса найважливішою характеристикою, як виглядає, є саме його динамічність (здатність інтенсивно розганятись і гальмувати, але не пересуватись з високими поточними швидкостями) за прийнятного рівня енергоощадності (чи якнайвища енергоощадність за прийнятного рівня динамічності). Тому, при виборі оптимальної потужності й параметрів трансмісії міського автобуса необхідно, перш за все, зважати саме на ці специфічні особливості роботи автобуса: циклічність програм руху та низьке значення максимальної швидкості пересування машини в



циклі. При цьому доречно пам'ятати, що енергоощадність опосередковано обумовлює й довговічність двигуна й трансмісії. Отож у разі добору двигуна для автобуса важливо, аби його зовнішня швидкісна характеристика коректно відповідала призначенню автобуса: двигун міського автобуса повинен мати високий обертовий момент у широкому діапазоні відносно малих частот робочих циклів (частот обертання вала), а питома потужність автобуса повинна бути десь в межах 10...15 к.с. на тонну повної маси.

Гальмівна (як і, зрештою, розгінна) динамічність автобуса має вирішальне значення ще й для гарантування безпеки руху й оцінюється здатністю автобуса досягати максимальних сповільнень у процесі інтенсивного гальмування без втрати стійкості й керованості, особливо на дорожніх покриттях з низькими зчіпними властивостями. Саме досягнене максимальне сповільнення вважають вельми об'єктивним показником гальмової динамічності, регламентованим Правилами СЕК ООН № 13; для автобусів воно повинно становити не менш як 5 м/с у разі гальмування зі швидкості 60 км/год.

Міські автобуси модульно-уніфікованого ТРР завдяки багатомостовості, незалежним підвіскам із мінімальними невіднесеними масами й стабільнішим загалом контактом коліс із дорогою мають показники сповільнення вищі за регламентовані (особливо у разі тандемного приводу, коли колеса переднього моста «втирають» мокру дорогу для коліс заднього моста), які досягають рівня 0,9g, про що уже говорилося. До того ж, збільшена база, знижений центр мас, приблизно однакове навантаження на кожен міст у разі незалежного підвішування кузова забезпечують міським автобусам модульно-уніфікованого ТРР вищу плавність ходу та зменшують динамічний перерозподіл ваги на мостах при гальмуванні.

У структурі енергетичних втрат в трансмісії автобуса важливу роль відіграє та їх частка, що зумовлена пересиланням обертового моменту (розмір цієї частки в певній мірі пропорційний сумарному моменту інерції обертових елементів трансмісії й відних (привідних) коліс автобуса). Розрахунки Ю. В. Пірковського засвідчили, що збільшення кількості приводних мостів знижує сумарний опір коченню багатопривідних автомобілів, і ця важлива обставина підтверджується результатами порівняльного вимірювання витрат пального за різної кількості привідних коліс на тримостовому автомобілі. Окрім цього, відомо, що менша витрата пального на різних режимах руху автомобіля часто відповідає меншому передатному числу головної передачі. Міські автобуси модульно-уніфікованого ТРР допускають застосування коліс меншого типорозміру (19,5" проти, зазвичай, 22,5") і, як наслідок, — матимуть менші інерційні маси та менше передатне число головної передачі, що загалом сприяє зменшенню енергетичних втрат в трансмісії й позитивно позначається на паливній економності автобусів ТРР.

Згадаймо принагідно знаменитий автомобіль Mini, дизайн якого, без сумніву, виявився поза часом — його форма визначалася саме змістом, а не модними віяннями чи штучними тенденціями. Всі пропорції Mini впливали з інженерних рішень, а не з фантазій художника, хоча й з художнім оформленням там також усе гаразд. Але що дуже важливо, саме в конструкції цієї машини вперше застосовані дуже малі колеса, що й дозволило зробити салон незвичайно просторим за дуже малих габаритів автомобіля. А поряд з тим, уперше в автомобілі масового виробництва двигун було розташовано впоперек, а не поздовж, що дозволило мінімізувати підкапотний простір. «Ідея малих коліс» згодом перемістилась у царину конструювання велосипедів (завдяки Алексу Моултону, причетному й до створення Mini).

Уявлення про позитивні наслідки переходу від звичного обов'язково двомостового (зі здвоєними привідними колесами) шасі до шасі із суто одинарними колесами зменшеного номінального діаметра за різної кількості (не обов'язково двох) мостів дає інформація, наведена на рис. 2. Зростання корисної маси автобусів дозволяє охопити пасажиропотік меншою кількістю машин, а отже виконати однакову транспортну роботу стає можливо з залученням меншої кількості ресурсів — матеріальних, людських, фінансових. Зменшена навантага на кожен міст сприяє зменшенню руйнівної дії автобуса на дорогу (вулицю). Більша загальна

площа гальмових фрикційних поверхонь — засіб підвищення активної безпеки. До того ж, можна дозволити собі збільшити колісну базу, розширюючи тим самим так звану зону комфорту в салоні автобуса. Намагання ж урівняти статичну навантагу на мости обернеться зростанням плавності ходу автобуса, зменшенням схильності його до галопування. Колія автобуса з одинарними колесами завжди більша. Збільшена кількість коліс — запорука стійкого руху машини на слизьких дорогах.

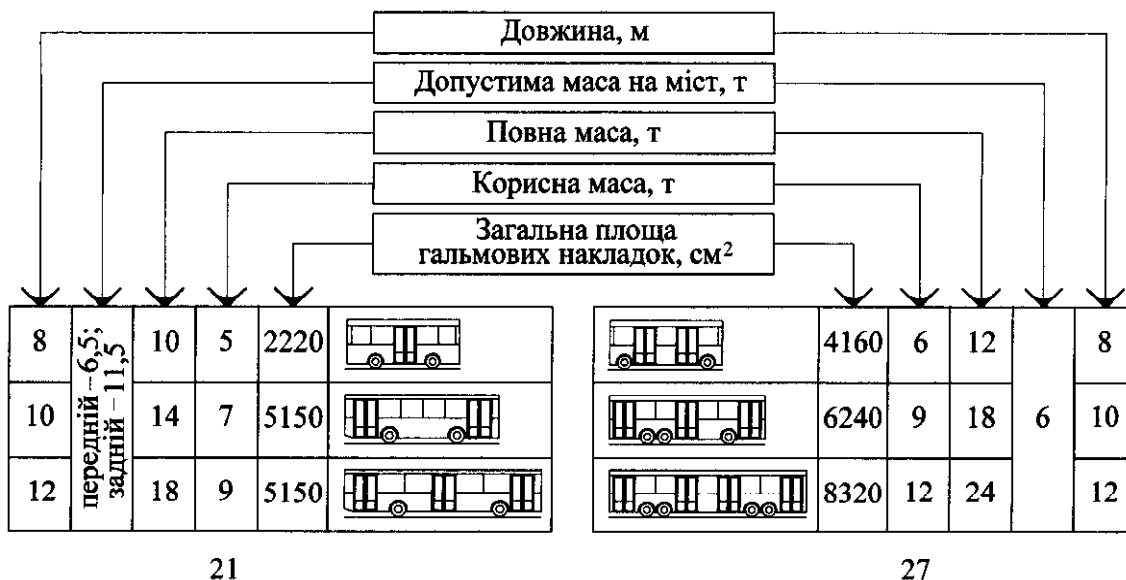


Рисунок 2 — Порівняння параметрів міських автобусів на двох мостах зі здвоєними приводними колесами (ліворуч) та автобусів на суто одинарних колесах (праворуч)

Керованість (в сенсі керованості) автобуса — це його здатність однозначно змінювати напрям руху зміною положення керованих (кермованих) коліс. Автобус повинен відтворювати й зберігати напрям руху, заданий водієм, та ще й здійснювати повороти певної максимальної кривини на певній дорозі чи певній місцевості, що визначає рівень його поворотності. Міський автобус, відповідно до особливостей умов і обставин експлуатації, повинен мати властивість рухатися траєкторіями саме з якнайменшими радіусами повороту. Тому-то основним вимірником поворотності є мінімальний радіус повороту автобуса. Точне, без відриву від дороги на нерівностях, ведення незалежною підвіскою керованих коліс безумовно сприяє підвищенню керованості автобуса. Розміщення силового агрегату (двигуна із скринькою передач) у межах дещо збільшеної колісної бази сприяє набуттю всіма автобусами модульно-уніфікованого ТРР поворотності ближче до нейтральної і тим самим, поліпшує їхню керованість й стійкість. Перелічені особливості конструкції міських автобусів модульно-уніфікованого ТРР дозволяють повністю реалізувати вимоги Правил ЕЖ ООН № 17 щодо маневреності. Цікаво, що існує можливість варіювати взаємним розташуванням центра мас автобуса (за різних навантажень), метацентра, центра вітрильності.

Загалом, порівняно зі стандартними двомостовими (колісна формула 4×2.2) автобусами, вищі поперечна й поздовжня стійкість, стійкість проти заносу/ковзання/перекидання автобусів модульно-уніфікованого ТРР обумовлені-зумовлені:

- більшою кількістю точок контакту-взаємодії з дорогою (завдяки багатомостовості-багатоколісності);
- збільшеною базою;
- рівністю модулів кутів збчення переднього й заднього мостів тандемного приводу, що мають протилежні знаки у разі заносу й бічного ковзання;
- розміщенням силового агрегату в базі, що зменшує плече заносу;

- збільшеною колією коліс і наявністю незалежної підвіски на всіх мостах;
- збільшеною в 2...2,5 разу кутової жорсткості незалежних підвісок коліс всіх мостів, завдяки чому кут крену, у разі тандемного приводу, становить менше 4 град при поперечному прискоренні 0,5g.

Розрізняють опорну й геометричну (чи профільну) прохідність автомобіля. Опорна прохідність характеризує можливість руху колісної машини дорогами з малою несною (тримкою) здатністю, а геометрична — здатність до подолання складних профільних перепон дороги, оцінювану так званими кутами в'їзду-з'їзду й радіусом подовжньої прохідності. З'ясовано, що багатомостовість (багатоопорність) і вмотивоване збільшення, зокрема, кількості привідних мостів є потужним засобом підвищення прохідності автомобіля, оскільки повна вага автомобіля розосереджується багатьма колесами на велику опорну площу, зменшується як навантаження на окремих міст, так і тягове (чи й гальмівне) зусилля, яким міст може взаємодіяти з «ненадійною» долівкою. На підставі викладеного раніше можна, власне, стверджувати, що всі автобуси модульно-уніфікованого ТРР мають дуже високі показники опорної прохідності, запорукою чого є зменшене до 6 тонн номінальне навантаження на міст, незалежність підвісок кузова, одинарна ошиновка коліс, збільшена до 2150...2220 мм колія; а це дозволяє автобусам працювати на дорогах з полегшеними й перехідними дорожніми покриттями, частка яких у загальній мережі доріг складає не менше 80 %. Геометричні показники міських автобусів модульно-уніфікованого ТРР перебувають у межах нормативів, вироблених сучасною практикою експлуатації транспортних засобів.

Плавністю ходу автобуса називають його властивість (здатність) рухатися належно швидко мікропрофільно нерівними дорогами без провокування надмірних коливань кузова. Висока плавність ходу сприяє підвищенню середньої швидкості пересування та забезпечує комфортність їзди в автобусі (є засобом запобігання втомлюваності водія й пасажирів). Висока плавність ходу міських автобусів модульно-уніфікованого ТРР зумовлена застосуванням незалежних пневматичних підвісок кузова із одинарною ошиновкою всіх (керованих і привідних) мостів. До переваг пневматичних пружних елементів належить, перш за все, саме висока плавність ходу, зумовлена малою жорсткістю підвіски в околі стану статичної рівноваги й сприятливим перебігом пружної характеристики поза цим околом. Характеристика пневматичної підвіски близька до ізохронної — такої, що будь-якому навантаженню відповідає одна і та сама власна частота коливань і ця частота перебуває в «комфортних» межах 50...60 коливань/хв. (ці межі приблизно охоплюють середню частоту ударів серця людини). Оскільки міські автобуси модульно-уніфікованого ТРР мають збільшену базу, то у так званій зоні комфортності практично завжди перебуває більшість пасажирів. Знижений центр мас й потенційно однакове навантаження на всі мости сприяють зростанню плавності ходу автобусів ТРР і зменшують ступінь перерозподілу ваги на мостах у разі гальмування автобуса. До того ж, при переїзді нерівностей в межах візка (тандемний привід) спостерігається динамічний енергопоглинальний ефект.

Дослідження характеру й глибини впливу експлуатаційних і конструктивних параметрів на показники роботи міських автобусів засвідчили, що найвагомим чинником є пасажировмісність, а нижня доцільна межа (квант) її підвищення лежить у межах 15 місць. Завдяки застосуванню багатомостових схем шасі й компоновальній схемі з розташуванням двигуна під підлогою в межах колісної бази, коліс малого діаметра й рівної підлоги на висоті 610 мм вздовж усього салону, міські автобуси модульно-уніфікованого ТРР у порівнянні із традиційними двомостовими (колісна формула 4×2.2), мають більшу на 20...30 % (залежно від типорозміру автобуса) пасажировмісність, що поряд з іншими високими експлуатаційними властивостями гарантує високу ефективність їх роботи на міських маршрутах.

Міцність автобуса — це його властивість виконувати корисні функції без поламок й усяких несправностей, для усунення яких необхідно вилучати автобус з роботи. Величина перерізувальних сил та згинальних моментів, що діють на кузов автобуса, як і навантаження

на вузли ходової частини, безпосередньо залежить від кількості опор-мостів, через які ці навантаження пересилаються на кузов. Завдяки збільшеній кількості опор (багатомостовості), зменшеним вирізам боковин (під колеса меншого діаметра), відносно великій (300 мм) висоті основи, а також незалежній підвісці, що передає менші вібродинамічні навантаження від легших одинарно ошинованих коліс, на кузовах автобусів модульно-уніфікованого ТРР діють десь удвічі менші згинальні й крутні моменти, що, звісно, збільшує їхню міцність і довговічність за інших однакових умов.

Довговічність автобуса як властивість працювати без надмірно інтенсивного зношування деталей, що веде до вимушеного припинення експлуатації, визначається терміном служби власне кузова. Зношений кузов не підлягає ремонту (він списується) на відміну від вузлів шасі, які можуть піддаватися ремонтним впливам багаторазово. Зменшення й рівномірність навантаження на вузли й деталі кожного з мостів міських автобусів модульно-уніфікованого ТРР визначають їх рівнонадійність, що є основою загальної надійності вузлів шасі й кузова, гарантує їхню підвищену довговічність.

Краща пристосованість міських автобусів модульно-уніфікованого ТРР до технічного обслуговування, що характеризує такі їхні конструктивно-технологічні особливості, від яких безпосередньо залежать простота й трудомісткість виконання обслуговувальних дій, час вимушеного простоювання в обслуговуванні, зумовлена:

- високою уніфікацією (що досягає 80 %) деталей і вузлів ходової частини;
- полегшеним доступом до силового агрегату, розміщеного на висувній рамі;
- високим рівнем взаємозамінності деталей, вузлів, агрегатів й запрограмованою (конструктивно закладеною) можливістю агрегатного поточного ремонту легкозамінних блоків-модулів підвісок і головних передач, коли замість ремонту несправних блоків-модулів на самому автобусі здійснюються заміна на кондиційні та наступне відновлення їх працездатності в умовах цеху.

Висока пристосованість міських автобусів модульно-уніфікованого ТРР до всідання й висідання пасажирів (до пасажирообміну) зумовлена:

- рівномірним розміщенням вздовж автобусів здвоєних пасажирських дверей, кількість яких пропорційно зростає із зростанням довжини кузова, що гарантує однакову мінімальну тривалість пасажирообміну (незалежно від довжини й місткості автобусів ТРР);

- рівним вздовж усього салону від кабіни водія до привідних мостів низьким (на висоті 360 мм) рівнем підлоги із зручними для пасажирів з обмеженими фізичними можливостями накопичувальними майданчиками, що охоплюють 70...90 % (залежно від типорозміру й розміщення двигуна) площі підлоги для стояння у разі середміського варіанта виконання автобуса;

- рівною вздовж усього салону автобуса підлогою на висоті 610 мм із однією сходинкою в пасажирських дверей у разі передміського варіанта виконання автобуса.

*Окремо про екологічність.* Останні десятиліття розвитку міського автобуса підтвердили, що його шасі, як це й передбачали автори ідеї модульної уніфікації, еволюціонує у бік застосування електроприводу (рис. 3) — від автобусів з двигунами внутрішнього згоряння через тролейбуси й автобуси гібридної схеми приводу з підзарядкою акумуляторів дизель-генераторами відносно малої потужності поза зоною міста, до електроавтобусів з безредукторними мотор-колесами й живленням від акумуляторів і конденсаторів (суперконденсаторів), що швидко підзаряджаються на спеціально облаштованих зупинках під час пасажирообміну (всідання-висідання пасажирів). Важливо, що конструктивно-технологічна структура кузова й шасі міських автобусів модульно-уніфікованого ТРР ідеально пристосована до такого переходу — це, сказати б, у чистому вигляді «інтегральний модуль», у якому механічний привід привідного моста замінено на безредукторне мотор-колесо за наявності тієї ж незалежної підвіски, тобто це гармонійно реалізована спадковість — набуття сьогоденною структурою шасі автобуса перспективних елементів від завтра-післязавтра.

Настійливі вимоги щодо екології в містах, дбайливого ставлення до міських вулиць і будинків, поваги до пасажирів утверджують думку, що перспективний середміський автобус повинен мати саме електричний привід, зменшену навантагу на мости, незалежну підвіску кузова та рівну по всій довжині салону підлогу на висоті 360 мм від полотна дороги з накопичувальними майданчиками в салоні, зручними для пасажирів з обмеженими фізичними можливостями. Підтвердженням тенденції до створення середміських електроавтобусів із приводом від безредукторних мотор-колес малого діаметра є пілотні розробки відомих фірм — європейської IVECO та японської Isuzu Motors (рис. 4). Що є цікавим у цих проектах — всі автобуси створені за схемою багатомостових шасі.

**Приклад типорозмірного ряду модульно-уніфікованих 3G-автобусів з малими відхиленнями від арифметичної гармонії.** Узагальнюючи викладене, можна наполягати, що найпринциповішими вимогами до автобусної і тролейбусної техніки є такі три: 1) зменшення допустимого навантаження на мости автобусів і тролейбусів (спочатку, принаймні, до 6,0...7,5 т), а відтак і на колеса, з метою мінімізації руйнівної дії колес міських автобусів і тролейбусів на покриття вулиць та на їх інженерні споруди, що забезпечить суттєве зменшення обсягів щорічних витрат на утримання їх у належному стані; 2) збільшення пасажиромісткості автобусів і тролейбусів необхідних (чи заданих) типорозмірів завдяки застосуванню в конструкціях автобусів принципу багатомостовості, тобто застосування двох, трьох, чотирьох (а не лише двох, як зазвичай) мостів, обладнаних одинарними колесами; 3) суттєве зменшення обсягів фінансування та часу, необхідних для проведення належно вичерпних дослідно-конструкторських, дослідно-експериментальних та дослідно-технологічних робіт, спрямованих на створення типорозмірних рядів міських автобусів і тролейбусів, на проведення технологічної підготовки та організацію їх дрібносерійного виробництва (суттєве зменшення собівартості їх виготовлення). Загальний рівень уніфікації конструкцій автобусів при цьому може сягати 85...90 %.

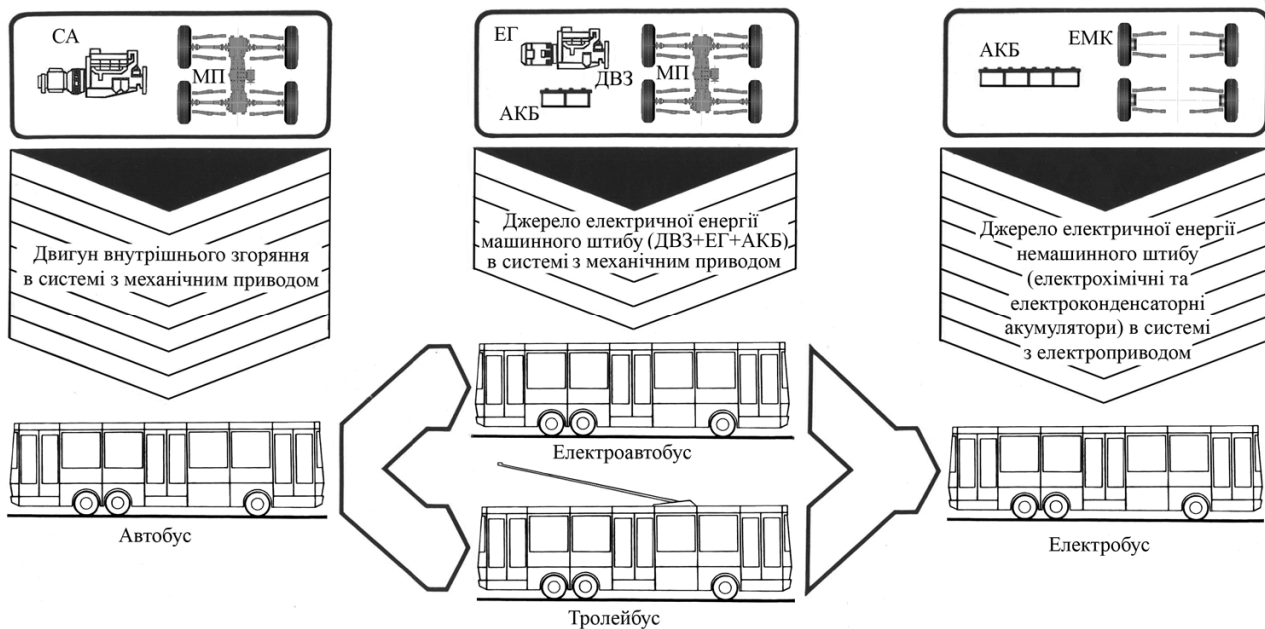


Рисунок 3 — Еволюція силового приводу Системи модульно-уніфікованого ТРР автобусів (СА — силовий агрегат (двигун внутрішнього згоряння в блоці зі скринєю передач), МП — механічний привід, ДВЗ — двигун внутрішнього згоряння, ЕГ — електрогенератор, АКБ — акумуляторна батарея — електрохімічна чи/та електроконденсаторна, ЕМК — електромотор-колеса)



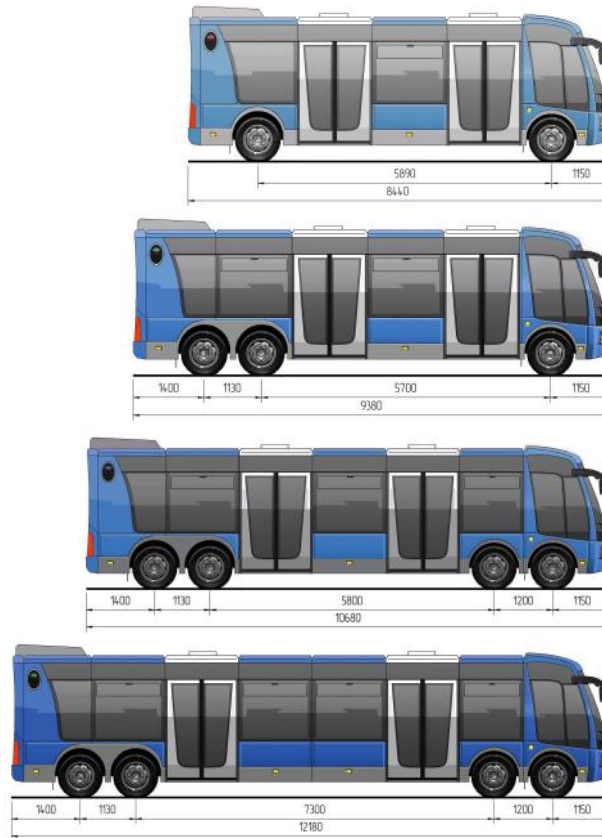
Рисунок 4 — Проекти перспективних міських автобусів (IVECO — ліворуч, Isuzu — праворуч)

Задовольняючи задекларовані шойно вимоги і покладаючись на колісну формулу  $4 \times 2.1$ , можна запропонувати типорозмірний ряд трьох модульно-уніфікованих автобусів, відображений на рис. 5. А якщо долучити до арсеналу множення ряду ще й колісну формулу  $6 \times 4.1$ , то визріє типорозмірний ряд чотирьох модульно-уніфікованих автобусів, відображений на рис. 6. Відтак, якщо водночас покластися на колісні формули  $4 \times 2.1$ ,  $6 \times 4.1$ ,  $8 \times 4.1$ , то виникне типорозмірний ряд чотирьох модульно-уніфікованих автобусів, відображений на рис. 7.



Рисунок 5 — ТРР модульно-уніфікованих автобусів з колісною формулою  $4 \times 2.1$

Рисунок 6 — ТРР модульно-уніфікованих автобусів з колісними формулами  $4 \times 2.1$  і  $6 \times 4.1$



*Рисунок 7 — Типорозмірний ряд модульно-уніфікованих автобусів з колісними формулами  $4 \times 2.1$ ,  $6 \times 4.1$ ,  $8 \times 4.1$*



*Рисунок 8 — Загальний вигляд проектного міського модульно-уніфікованого автобуса малого класу (з двома двостулковими дверима)*

Для прикладу на рис. 8 подано загальний вигляд одного з модульно-уніфікованих автобусів (див. рис. 6). Застосування принципів модульного проектування сприяє створенню нових максимально уніфікованих перспективних моделей автобусів і тролейбусів навіть в межах одного типорозміру.

Приклад ще іншого формування типорозмірного ряду міських автобусів — на рис. 9. В цьому ряді особливе місце посідають восьмиколійні автобуси. За реальний приклад восьмиколійного автобуса (щоправда, міжміського) може правити розроблений ще колись фірмою Moulton Developments в Англії оригінальний прототип [8], каркас кузова якого зображено на рис. 10. Кузов автобуса підвішено оригінальними уніфікованими незалежними підвісками штибу Hydragas, однаковими над всіма колесами [9]. Цікаво, що такі підвіски виготовлялись фірмою Dunlop для передньопривідних легкових (!) автомобілів British Leyland Princess, Allegro и Maxi. Споряджена маса автобуса — 7360 кг, розподіл мас на передні й задні пари мостів —  $50 \times 50$  %. Вантажність автобуса — 5500 кг, під рівною підлогою — багажне відділення ємністю  $7 \text{ м}^3$ .

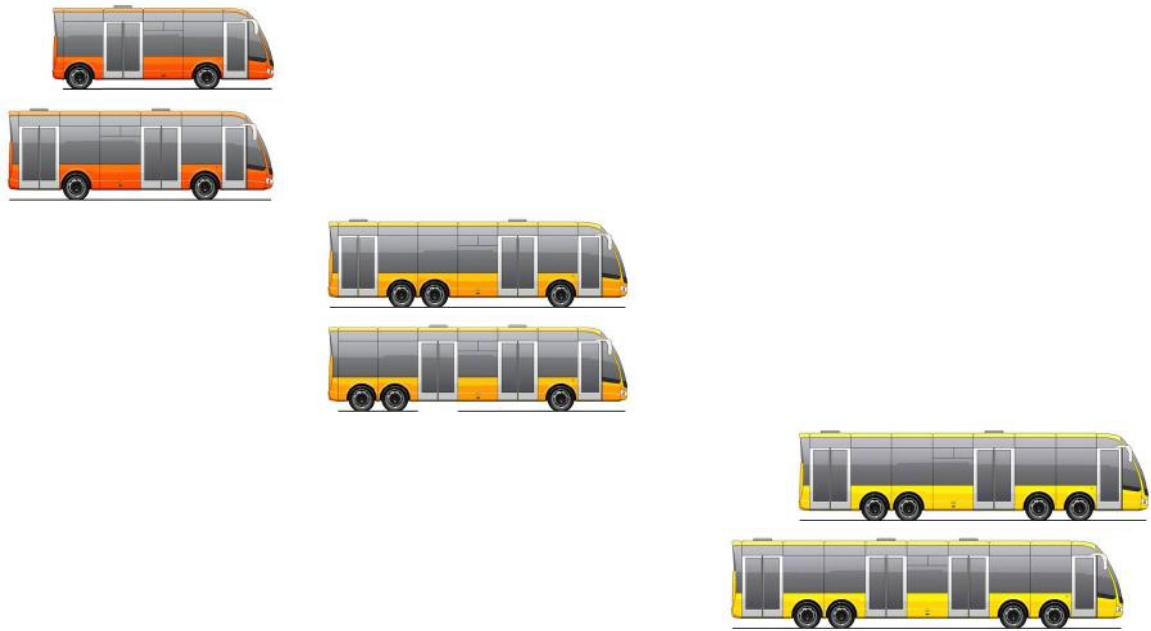


Рисунок 9 — Проект шестичленного типорозмірного ряду перспективних міських модульно-уніфікованих автобусів

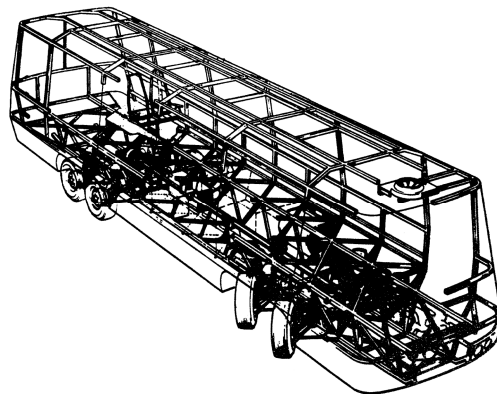


Рисунок 10 — Каркас кузова автобуса Moulton

**Підсумки-висновки.** 1. Наповнено змістом поняття покоління (генерації) автобусів. За ознаковий критерій нового покоління автобусів взято рівень уніфікації їх конструктивно-технологічної структури, що засвідчує вищий рівень їх досконалості та можливість запровадження суттєво прогресивніших технологій їхнього виготовлення (особливо ресурсоощадніших технологій). Надійним методом ефективного сприяння створенню нового покоління автобусів визнано системне (поліблокове) їх проектування на основі блочно-модульних конструкцій максимальної уніфікації, рівень якої саме і є узагальненим критерієм відповідності автобусів сучасному інтенсивному виробництву. Цей критерій дає змогу розпізнавати покоління техніки також і в ретроспективі. Зокрема, виходячи з рівня уніфікації конструктивно-технологічної структури кузова й шасі, автобусна техніка була визнана належною першому поколінню, коли йшлося про унітарні автобуси моноблочної конструкції, що не уніфіковані ні за кузовом, ні за шасі, і належною другому поколінню, коли йшлося про ряди автобусів частково поліблокової конструкції, уніфікованої тільки за кузовом.

2. З'ясовано, що творення ТРР модульно-уніфікованих міських автобусів третього покоління можливе шляхом інтегрування кузовного блока-модуля (кузовної секції) з блоком-



модулем шасі (у вигляді розрізного моста з одинарними колісьми) у єдиний «інтегральний модуль», уніфікований для всього ТРР автобусів. Власне виходячи з того фундаментального положення, що хоча транспортну роботу й виконує автобус, та все ж механічну, у фізичному сенсі, роботу насправді виконують у безпосередній взаємодії колесо й дорога, в основу структурування третього покоління автобусної техніки був покладений новий підхід до проектування великовантажних транспортних засобів, відповідно до якого первинним визначальним параметром є допустима статична навантага від колеса на дорогу, яка саме є відправною на шляху до інтегральної конструктивно-технологічної структури «колесо — кузов» — інтегрального модуля.

Отож, об'єднавчо-узагальнювальним чинником у визначенні напрямку й обсягу (ступеня, глибини) уніфікації автобусів ТРР стало максимальне, на рівні шести тонн, навантаження на міст. Це стабільний, не залежний від технології виготовлення автотранспортних засобів параметр, що дозволяє в значній мірі об'єктивно регламентувати повну масу автобуса, його вантажність, типорозмір шин і коліс, потужність двигуна, тип і несну здатність підвісок, загалом типорозмір автобуса в ТРР та й усі конструктивні параметри конкретних машин.

3. Виявлено принципову неприйнятність двомостової схеми шасі з колісною формулою  $4 \times 2.2$  (здвоєні колеса привідного моста) для творення ТРР автобусів із цілком уніфікованим шасі через те, що ця схема вимагає застосування в кожному автобусі типорозмірного ряду привідних і керованих (кермових) мостів різної вантажності, які конструктивно не підпадають під вимоги уніфікації.

4. Обґрунтовано, що різниця арифметичної прогресії, натуральним виразником якої є «інтегральний модуль», має властивість формально модулювати ТРР автобусів (множачи їхню довжину, місткість, вантажність) у чіткій відповідності із метро-ритмічною структурою арифметичної прогресії штибу  $a_n = m + n\mu$ , де  $\mu$  — різниця прогресії (основний модуль),  $m$  — «нульовий» модуль. Виникає шанс вирвати мистецтво проектування-конструювання автомобільної техніки зі стану динамічної статичності поруч науки і занурити безпосередньо в методологічну царину справжньої живої науки.

5. Обґрунтовано, що виходячи з цілковитої спільності основних агрегатів і вузлів автобусів і вантажних автомобілів, типорозмірний ряд модульно-уніфікованих міських автобусів повинен правити за базовий у разі формування оптимальних Типажів автобусної й автовантажної техніки в Системі модульно-уніфікованих автотранспортних засобів. При цьому стає можливим втілити цільовий орієнтир проекту — «максимум уніфікації — мінімум зведених витрат» у системі суспільного відтворення (зокрема, в системі «проектування — виробництво — технічна експлуатація — використання»).

6. У міру побудови типорозмірного ряду кожен новий належний йому (ряду) автобус формується приєднанням «інтегрального модуля», що має у своїй структурі тримальну (несівну) частину у вигляді одного моста з колісьми й тримку (несну) частину у вигляді секції кузова. У міру ж збільшення довжини автобуса кожен новий колісний міст, розрахований на таку саму допустиму навантагу, що і всі інші, бере на себе основну частину зростаючого навантаження. Навантаження дискретно майже рівномірно розосереджується по довжині автобуса. Однаковість навантаження на вузли й деталі кожного моста і кузовної секції забезпечує їх рівнонадійність, що є підґрунтям для загальної надійності шасі й кузовів автобусів.

7. Внесення з «інтегральним модулем» у конструктивно-технологічну структуру автобусів мостів з одинарними колесами дозволило за рахунок багатомостовості автобусів модульно-уніфікованого ТРР розв'язати головне системне протиріччя — необхідність збільшення вантажності автобусів без загрози інтенсифікації руйнування полотна дороги (вулиці). Зменшення навантаження на міст є фундаментальним напрямом поліпшення всіх експлуатаційних показників не тільки автобусів, але й полотна дороги, тому що механічну роботу виконують спільно дорога й колесо, а вартість дороги на кілька порядків вища вартості транспортного засобу.

8. Зменшена до 6 т навантага на міст автобуса з модульно-уніфікованого ТРР дозволяє застосувати одностипну, максимально уніфіковану, незалежну на двох поперечних важелях підвіску що над керованими, що над привідними мостами з одинарними колесами зменшеного типорозміру і, відповідно, меншими моментами інерції, що разом з меншим передатним числом головної передачі, завдяки розподілу рушійного моменту на два потоки, сприяє зменшенню втрат потужності і тим самим підвищує ККД трансмісії й автобуса загалом.

Наслідком застосування незалежних підвісок є суттєве (в 2...2,5 разу) зменшення невіднесених мас автобуса, що дозволяє зменшити ступінь демпфування, необхідного для гашення коливань цієї невіднесеної маси і значно поліпшити комфортність їзди. Конструктивно закладене однакове (потенційно) навантаження на мости урівнює навантагу на кожне колесо, сприяючи вичерпнішому використанню вантажності шин, рівномірнішому їхньому зношуванню на всіх мостах і однаковому внеску кожного колеса у загальне гальмове зусилля. Через збільшену відстань між пружними елементами (розширену колію) і низьке розташування центра крену незалежної підвіски, досягається дуже мала різниця між кутами крену невіднесених частин кузова в навантаженому й ненавантаженому станах автобуса, а сам кут крену не перевищує чотирьох градусів у разі поперечного прискорення 0,5g.

Завдяки тандемному приводу двох привідних мостів з незалежними підвісками, меншій жорсткості шин одинарних коліс і меншій їх масі у порівнянні з масою важких нерозрізних привідних мостів зі спареними колесами, суттєво поліпшуються ходові якості, гальмові властивості й стійкість автобусів проти заносів, особливо на мокрих дорогах, коли колеса переднього моста «втирають» дорогу колесам заднього моста й на мокрій поверхні можливе досягнення сповільнення рівня до 0,9g. Крім того, у разі переїзду через нерівності в межах тандемного візка спостерігається динамічний поглинальний ефект за рахунок дуже плавного пересилання вертикальних збурень від коліс через підвіски частково переднього й частково заднього тандемного мостів (до того ж, збурення, що виникають на одному мості, частково взаємно протиставляються збуренням на іншому мості).

9. Формально, всі сучасні «повноформатні» каркасні кузова міських автобусів є несними (тримальними) й повсюдно в каркасі (кістяку) зазнають дії згинальних, скручувальних, перерізувальних, розтягувально-стискальних та вібраційних силових чинників. Провокують їх, своєю чергою, активні тягові чи гальмівні чинники, реактивна протидія довілля (зокрема, аеродинамічний і дорожній чинники), гравітаційні і інерційні чинники. Величина найвпливовіших поперечних перерізувальних сил, скручувальних і згинальних моментів, що діють на кузов, звісно, залежить від кількості колісних мостів, через які автобус взаємодіє з дорогою і опосередковано з усім довіллям (про гравітаційні, масові сили слід говорити окремо).

Завдяки збільшеній кількості опор (багатомостовості) і зменшеному навантаженню на кожен міст із незалежною підвіскою й одинарними колесами зменшуються вібродинамічні навантаження, що діють з боку коліс на кузов. На кузовах автобусів модульно-уніфікованого ТРР діють суттєво менші згинальні й крутні моменти, що дозволяє зменшити їхню масу на стадії проектування-конструювання та сприяє зростанню довговічності машин в процесі експлуатації.

10. Масштаб економічного зиску від використання автобусів модульно-уніфікованого ТРР в значній мірі зумовлений економічним ефектом від зменшення до 6 тонн навантаги на один колісний міст, а відтак — і локальної навантаги на дорогу через систему незалежних підвісок й одинарні колеса, застосування яких суттєво зменшує невіднесені маси й вібродинамічну дію автобуса на дорогу. Застосування одинарних коліс зменшує й статичний прогин дорожнього покриття десь на 29 % у порівнянні із деформаціями покриття від дії здвоєних коліс.

Взагалі кажучи, економічний ефект від зменшення з 11,5 до 6 тонн навантаги на колісний міст складно точно оцінити, однак легко зорієнтуватися, що він величезний, якщо зважити на надзвичайно високий рівень затрат, що супроводжують будівництво й утримування

доріг, особливо міських вулиць із їхніми підземними інженерними комунікаціями й пришляховими спорудами, на які руйнівню діють вібродинамічні навантаження від міського транспорту. Стає очевидним, що експлуатація автобусів модульно-уніфікованого ТРР і створених на їх основі дорожніх вантажних автомобілів зі зменшеною навантагою на колісні мости суттєво збільшить термін служби існуючих доріг, а це дозволить істотно заощаджувати засоби-ресурси платників податків, здійснюючи підтримку доріг загальної мережі суспільного користування в належному стані меншими зусиллями. Актуальність і ціна проблеми в боротьбі з руйнуванням доріг побічно підтверджується щорічними вмотивованими заборонами експлуатації автомобілів з мостовою вагою понад 7 тонн у жарку погоду за температури понад 28 градусів з 8 години ранку до 22 години вечора. Загальновідомо, що не менш інтенсивно руйнуються дороги від мостового навантаження 11,5 тонн й узимку за надмірно низьких температур. Отож дуже актуальними, соціально значущими й вартими державної підтримки доречно визнати науково-дослідні роботи, пов'язані з вивченням усіх техніко-економічних аспектів меншого руйнівного впливу на дорогу зменшеного до 6 тонн мостового навантаження транспортних засобів.

Серед найвагоміших завдань автобусобудування доречно особливо вирізнити два великі загальні: 1) забезпечення гармонійності й масштабної домірності міських автобусів та їхніх частин з архітектурним середовищем міста завдяки модульній координації основних параметрів і членувань кузовів автобусів та їхніх інтер'єрів, приміром, на основі «Модулора» Корбузе, золотого перерізу тощо; 2) завдяки втіленню можливості забезпечення високої якості, кращої комфортності, більшої безпечності та нижчої собівартості виготовлення саме модульно-уніфікованих конструкцій, підвищити конкурентноздатність українських автобусів на світовому ринку.

Доречно також наполягати на злитті (фузії) понять «типаж» і «портфель проектів», що дасть змогу у повній мірі спертися на змістовий апарат управління проектами і програмами, відповідно до настанов [10]. У такому разі в рамках управління проектами і програмами надзвичайно важлива проблема формування типажу автобусної (автомобільної) техніки стане цілком ностратичною (лат. *noster* — наш).

### Список літератури:

1. **Транспортное средство** модульной конструкции. Авторское свидетельство СРСР № 931568, М. Кл. В 62 D 47/02, В 62 D 23/00 / В. К. Белик, Б. В. Курач, Я. С. Трач // Заявл. 20.07.77, 2532945/27-11. Опубл. 30.05.82. — Бюлл. № 20. — 5 с.

2. **Module element** of city bus or like vehicle and bus assembled on the basis of such module elements. United States Patent Number: 4,469,369; Int. Cl. B62D 23/00, B62D 31/02, B62D 47/02; U.S. Cl 296/197, 105/329 R, 105/393, 296/178; Field of Search 296/29, 178, 196, 197; 105/329 R, 393 / Vladimir K. Belik; Bogdan V. Kurach; Yaroslav S. Trach // Appl. No.: 572,954; PCT Filed: Mar. 7, 1980; PCT No.: PCT/SU80/00043; § 371 Date: Nov. 4, 1981; § 102(e) Date: Nov. 4, 1981; PCT Pub. No. WO81/02555; PCT Pub. Date: Sep. 17, 1981; Related U.S. Application Data Continuation of Ser. No. 320,965, Nov. 4, 1981. abandoned. Date of Patent: Sep. 4, 1984. — 7 p.

3. **Baustein eines Stadtomnibusses** oder eines ähnlichen Fahrzeuges und ein auf des Basis solcher Bausteine zusammengebauter Omnibus. Deutsches Patentamt № DE 3050288 C2, Int. Cl. B 62 D 47/02 (B 62 D 23/00, B 62 D 31/02) / Vladimir K. Belik, Bogdan V. Kurach, Yaroslav S. Trach // Deutsches Aktenzeichen: P 30 50 288.6-21, PCT Aktenzeichen: PCT/SU80/00043, Veröffentlichungstag-Nr. WO 81/02555, PCT Anmeldetag: 07.03 80, PCT Veröffentlichungstag: 17.09 81, Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: 15.04.82, Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 28.02.85.— 7 s.

4. **Bielik W.**, Kuracz B., Tracz J. Moduł konstrukcyjno-technologiczny modułowo-zunifikowanego typoszeregu autobusów // Technologia i automatyzacja montażu. — 1996. — № 2. — С. 21 — 23.

5. **Базаров Б. М.** Модульные технологии в машиностроении. — М.: Машиностроение, 2001. — 368 с.
6. **Васильев А. Л.** Модульный принцип формирования техники. — М.: Издательство стандартов, 1989. — 238 с.
7. **Transport:** Praca zbiorowa / Pod redakcją W. Rydzkowskiego i K. Wojewódzkiej-Król. — Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2000. — 508 s.
8. **Moulton** — междугородный автобус с двойной тележкой (Moulton — double bogie Coach) — Львов: Всесоюзный конструкторско-экспериментальный институт автобусостроения. Перевод с англ. № 1246/79. Источник: Отчет фирмы Moulton development Limited, 1979. — 24 с.
9. **Independent suspension** for four-axle coach // *Automot. Eng.* — 1979. — 87. — № 6. — P. 99—100.
10. **Руководство** к своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK®). — Пятое издание. — USA: Project Management Institute. Global Standard, 2013. — 586 с.

#### References:

1. Belik, V. K., Kurach, B. V., & Trach Ya. S. (1982). Vehicle of modular construction. *Author's Certificate of USSR no 931568, M. Cl. B 62 D 47/02, B 62 D 23/00*. Appl. 07/20/77, 2532945 / 27-11. Publ. 30/05/82. Bull. no 20 (in Russ.)
2. Belik, V. K., Kurach, B. V., & Trach Ya. S. (1984). Module element of city bus or like vehicle and bus assembled on the basis of such module elements. *United States Patent Number: 4,469,369; Int. Cl. B62D 23/00, B62D 31/02, B62D 47/02; U.S. Cl 296/197, 105/329 R, 105/393, 296/178; Field of Search 296/29, 178, 196, 197; 105/329 R, 393*. Appl. No.: 572,954; PCT Filed: Mar. 7, 1980; PCT No.: PCT/SU80/00043; § 371 Date: Nov. 4, 1981; § 102(e) Date: Nov. 4, 1981; PCT Pub. No. WO81/02555; PCT Pub. Date: Sep. 17, 1981; Related U.S. Application Data Continuation of Ser. No. 320,965, Nov. 4, 1981. abandoned. Date of Patent: Sep. 4, 1984.
3. Belik, V. K., Kurach, B. V., & Trach Ya. S. (1985). Building block of a city bus or coach or similar vehicle and assembled on the basis of such building blocks Omnibus. *German Patent Office no. DE 3050288 C2, Int. Cl. B 62 D 47/02 (B 62 D 23/00, B 62 D 31/02)*. *German Reference: P 30 50 288.6-21*, PCT Application number: PCT / SU80 / 00043, Publication no. WO 81/02555, PCT Filing date: 07.03 80, PCT Publication: 17:09 81 Publication of PCT Application in German translation: 04.15.82. Publication date of the patent grant: 28.02.85 (in D.)
4. Bielik, V., Kurach, B., & Trach, Yu. (1996) Module construction and technology-unified series of buses. *Technology and automation installation, no. 2*, pp. 21—23 (in Pl.)
5. Bazarov, B. M. (2001). *Modular Technologies in Mechanical Engineering*. Moscow: Mashinostroeniie (in Russ.)
6. Vasiliev, A. L. (1989). *Modularity forming technology*. Moscow: Standards Publisher (in Russ.)
7. Transport (2000). *Collective work*. Edited by W. Rydzkowski and K. Wojewodski-Krol. Warsaw: PWN (in Pl.)
8. Moulton — Intercity bus with double trolley (Moulton — double bogie Coach) (1979). Lviv: Union Design and Experimental Institute of bus. Translated from English. No 1246/79. Source: Report of the company Moulton development Limited.
9. Independent suspension for four-axle coach (1979). *Automot. Eng.*, 87, no. 6, pp. 99—100.
10. *A Guide to the Body of Knowledge of Project Management* (The fifth edition). (2013). USA: Project Management Institute. Global Standard (in Russ.)

