

The object of study – the fuel-economic, environmental performance automobile with a carburetor system supply.

The aim of the work is to determine the effect of feeding an additional portion of fuel that lasts up to 2 s, the fuel-economic, environmental aspects of the automobile in urban driving cycle.

The study is performed by using a technique that determines the operating characteristics of road vehicles in the "driver-vehicle-road", which was developed at the Kiev Automobile and Road Institute.

Accelerator pump for supplying fuel to the additional portion modes acceleration. During acceleration, accelerating pump for 2 to enrich the mixture, which results in a engine acceleration that characterizes the dynamic qualities of the automobile. In addition to increasing hours of fuel consumption in this mode, increases the content of carbon monoxide and hydrocarbons in the exhaust gas compared to the continuous mode.

Found that the neglect of the accelerator pump does not lead to an error on fuel consumption, but the effect on the error in the emissions of CO, CO<sub>2</sub>, and NO<sub>x</sub>.

The results can be used in calculating the automobile with petrol power systems.

KEYWORDS: ACCELERATOR PUMP, ACCELERATION, AUTOMOBILE PERFORMANCE, FUEL, DRIVE CYCLE.

#### РЕФЕРАТ

Славин В. В., Манько И. В. Влияние ускорительного насоса карбюратора на показатели автомобиля в режимах ездового цикла. / Виктор Васильевич Славин, Иван Владимирович Манько // Вестник НТУ. – К.: НТУ. – 2012. – Вып. 26.

В статье показано влияние ускорительного насоса на показатели автомобиля в режимах городского ездового цикла.

Объект исследования – топливо-экономические, экологические показатели автомобиля с карбюраторной системой питания.

Целью работы, является определение влияния подачи дополнительной порции топлива, которая длится до 2 с, на топливо-экономические, экологические показатели автомобиля в городском ездовом цикле.

Исследование выполняется путем использования методики, определяющая эксплуатационные показатели дорожных транспортных средств в системе «водитель-автомобиль-дорога», которая была разработана в Киевском автомобильно-дорожном институте.

Ускорительный насос предназначен для подачи дополнительной порции топлива в режимах разгона автомобиля. Во время разгона, ускорительный насос в течение 2 с обогащает состав смеси, в результате чего достигается приемистость двигателя, характеризующая динамические качества автомобиля. Кроме увеличения часового расхода топлива в этом режиме, возрастает содержание монооксида углерода и углеводов в отработавших газах по сравнению с постоянными режимами.

Установлено, что неучет работы ускорительного насоса не приводит к погрешности по расходу топлива, но влияет на погрешность в выбросах CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>.

Результаты работы могут быть использованы при расчетах показателей автомобилей с карбюраторными системами питания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УСКОРИТЕЛЬНЫЙ НАСОС, РАЗГОН, ПОКАЗАТЕЛИ ДВИГАТЕЛЯ, ТОПЛИВО, ЕЗДОВОЙ ЦИКЛ.

УДК 629.113

#### ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ГІБРИДНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК

Тімков О.М., кандидат технічних наук  
Луцик А.П.

Постановка проблеми.

Років тридцять тому перед американською автопромисловістю постало два завдання. По-перше, створити автомобіль зі значно меншим рівнем токсичності вихлопних газів. А по-друге, підвищити економічність машин, довівши її до галону пального на 80 миль пробігу, що приблизно вчетверо економічніше від нашої «Волги».

Тут треба нагадати, що навіть хороші двигуни внутрішнього згорання мають не вельми високий коефіцієнт корисної дії — порядку 40 відсотків. Іншими словами, 60 відсотків енергії вилітає в трубу. Крім того, є додаткові втрати в трансмісії, шинах, при гальмуванні, а також аеродинамічні втрати. У результаті, на корисну силу тяги перетворюється лише 15 відсотків енергії пального.

Поліпшення умов згорання пального, впровадження електронних систем запалювання і деяких інших удосконалень не дають істотної економії. З цієї причини погляди конструкторів звернулися до гібридних автомобілів, оскільки ККД електродвигуна приблизно вдвічі вищий, ніж у бензинового. Крім того, використання електродвигуна відразу ж вирішує і перше завдання — зробити автомобіль екологічно чистим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На початку 20 століття автомобілі складали серйозну конкуренцію автомобілям з двигуном внутрішнього згорання. Але громіздка і нерентабельна система акумуляторів витіснила електричні автомобілі з ринку.

Ідея гібрида – це зовсім не осяяння ХХІ століття. Такий принцип використовувався ще в 30-х роках минулого століття, правда називався він не гібридом, а електромеханічною трансмісією, і застосовувався не в автомобілях, а на залізниці (гібрид дизеля і електровоза) і у важкій автотранспортній техніці. В кінці 60-х років ХХ століття електромеханічна трансмісія зробила спробу перекочувати в легкову автопромисловість, але далі за розробку концепту справа не пішла – нафта була, і нафта дешева.

Мета нашої статті.

Гібридні автомобілі мають багату історію, а також матимуть широке використання у транспортних засобах.

Виклад основного матеріалу.

Аналіз робіт по створенню електромобілів за кордоном і в нашій країні, починаючи з моменту їх зародження і включаючи сьогоднішній день, показує, що можна умовно виділити шість періодів їх розвитку:

- перший – зародження (1837 по 1895 рр.);
- другий – інтенсивного розвитку і конкуренції (1896 по 1930 рр.);
- третій – локального використання (1931 по 1960 рр.);
- четвертий – широкого проведення дослідно-конструкторських робіт і випуску великої кількості дослідних зразків і малих серій досвідчених електромобілів (1961 по 1982 рр.);
- п'ятий – певний спад робіт, викликаний різкою зміною кон'юнктури на нафтовому ринку і невдачами в експлуатації дослідних партій через недоліки джерел струму (1982 по 2002 рр.);
- шостий – розробка та впровадження серійних автомобілів (після 2003 р.).

До електромобілів, що характеризує перший етап їх розвитку, можна віднести екіпажі, створені в 1837 р. американцями Девенпатором і Пейджем, а також шотландцем Робертом Девідсоном. У 1838 р. в Росії досліди з двигуном, що живиться від батареї гальванічних елементів, проводив Б. С. Якобі. Починаючи з 1880 р., розвиток електромобілів відбувалося паралельно з автомобілем. У ці роки автомобілі з ДВЗ ще не були серйозним конкурентом електромобілях. Це було зумовлено тим, що конструкція електромобілів була простіше і вони (як і автомобілі) використовувалися тільки в містах і здійснювали пересування в радіусі 10–15 км. Швидкість таких екіпажів не перевищувала 20 км/год.

Другий етап характеризується значною конкуренцією в області створення автомобілів, виробництво яких стало помітно зростати. У цей період електромобілі починають випускатися серійно. Так, у 1897 р. на вулицях Лондона з'явилися й успішно працювали електромобілі-таксі, зовні мало відрізнялися від традиційних англійських кебів. У 1906 р. А. Верденом у Франції було організовано серійне виробництво легкових електромобілів, що мали запас ходу до 80 км і максимальну швидкість руху до 30 км/год. У 1899 роках з'явилися перші російські електромобілі, створені інженером І. В. Романовим, а в 1901 р. їм був побудований перший 15-місцевий електробус.

Третій період характерний тим, що вже на початку 30-х років ХХ століття виробництво електромобілів різко скоротилося. Лише в окремих країнах, таких як Великобританія, Німеччина і США, тривав їхній випуск невеликими партіями. Електромобілі використовувалися на перевезеннях, де були потрібні невеликі пробіги і невисокі швидкості руху. У 1939 р. кількість електромобілів у Німеччині становило понад 9 тис., а до 1944 року досягло 20 тис. одиниць. Останнє пояснюється наміром уряду Німеччини зменшити залежність від імпортного нафтового палива.

Четвертий період, починаючи з середини 60-х років ХХ століття, характеризується новим підвищенням інтересом до електромобілів у багатьох промислово розвинених країнах. Особливо інтенсивно почали вони розроблятися в США, Японії, "ФРН і Англії, що обумовлено головним чином загос-

тренням енергетичної та екологічної проблем. Виниклий в кінці 60-х і початку 70-х років XX століття енергетична криза в багатьох капіталістичних країнах свідчив про те, що ресурси нафтових топ-лив для автомобілів з ДВЗ на нашій планеті обмежені [1].

П'ятий період, у зв'язку з цим у період з 1966 року по 1971 рік було розроблено найбільшу кількість дослідних зразків електромобілів, хоча подальшого помітного розвитку і застосування вони, як правило, не знаходили. Нерідко за кордоном такі розробки носили рекламний характер. Основною причиною застою в розвитку сучасних конструкцій електромобілів стало відсутність нових джерел струму, що володіють високою енергоємністю при невеликій їхній вартості.

Шостий період, в 2003 році характеризується ростом цін на нафту і електромобілі знову почали набирати популярність. В репортажі CBS News «Could The Electric Car Save Us?» повідомлялося, що знову почалося розгортання промислового виробництва електромобілів. Значну зацікавленість проявляли невеликі підприємства (такі, як «Tesla Motors»), оскільки їм не страшно скорочення об'єму виробництва автомобілів.

В 2004 році в США вже експлуатувалось 55852 електромобіля. Крім цього в США експлуатувалося велика кількість самодільних електромобілів. Згідно з дослідженнями IDTechE, в 2005 році рівень продаж електромобілів був \$31,1 млрд. по всьому світі, а в 2015 році індустрія електротранспорту виросте приблизно в 7 разів і досягне \$227 млрд.

В серпні 2006 року Міністр Економіки і Промисловості Японії затвердив план розвитку електромобілів, гібридних автомобілів і акумуляторів до них. Планом передбачено до 2010 року почати в Японії масове виробництво двох-місних електромобілів з довжиною пробігу 80 км. На одній зарядці, а також збільшилось виробництво гібридних автомобілів.

Toyota – почала працювати над створенням нового покоління гібридних автомобілів Prius. В новій версії водій по бажанню може включати режим електромобіля, і їхати на акумуляторах приблизно 15 км. Подібні моделі розроблює Ford – модель Mercury Mariner – пробіг в режимі електромобіля 40 км., General Motors – модель Chevrolet Volt – пробіг в режимі електромобіля 65 км., і Citroën – модель C-Metisse – пробіг в режимі електромобіля 30 км [2].

Розглядаючи історичний розвиток гібридних силових установок то вони також мають схожу історію у порівнянні з електромобілями і можна виділити такі періоди:

- перший – зародження (1900 по 1960 рр.);
- другий – самотні розробки (1960 по 1970 рр.);
- третій – широкого проведення дослідно-конструкторських робіт і випуску великої кількості дослідних зразків і малих серій гібридних автомобілів (1970 по 1997 рр.);
- четвертий – розробка та впровадження серійних автомобілів (після 1997 р.).

Перший період, вдалою спробою Фердинанда став автомобіль Порше з тяговими електродвигунами, встановленими безпосередньо в два провідних передніх колеса. Цей автомобіль став сенсацією на всесвітній виставці в Парижі в 1900 році. Але дуже швидко Порше розробив новий, технічно покращений автомобіль. У кожне колесо цього спортивного автомобіля був вставлений окремий електричний двигун, тому новий автомобіль був заявлений як перший в світі повнопривідний автомобіль, при цьому кожне колесо було обладнано гальмами, що теж було вперше на автомобілях того часу. Але найбільше нововведення цього автомобіля, запропоноване Фердинандом Порше, було не так помітно. У 1900 році Порше на автомобіль з електричними тяговими електродвигунами, які отримували електричну енергію від акумуляторної батареї, встановив додатковий двигун внутрішнього згоряння. Так вперше був побудований автомобіль, що працює за принципом послідовного гібрида [3].

Другий період, у 1960-х і 1970-х гібридними автомобілями почав займатися американський вчений, інженер Віктор Воук, який розробляв електромобілі і гібридні схеми для автомобільного транспорту. Він переобладнав автомобіль Buick Skylark, встановивши на нього електричний двигун потужністю 20 кВт і роторний двигун RX-2 Mazda. Прототип тестувався в Агентстві з охорони навколишнього середовища. Споживання палива скоротилося на 50%, вихлопи становили всього 9% в порівнянні з бензиновими автомобілями того часу.

У Радянському Союзі також велися роботи по розробці гібридних автомобілів. Так, роботи радянського вченого Нурбея Гулія привели до створення прототипу гібридного автомобіля на базі автомобіля-вантажівки УАЗ-450, де накопичувачем енергії був маховик, трансмісією – особливий варіатор. Це був один з перших «гібридів». У 1966 році вдалося досягти економії палива до 50% [4].

У Курську в 1972-73 роках Н. В. Гулія були проведені випробування міських автобусів з маховичного-гібридними агрегатами і варіаторами. Крім того були побудовані і випробувані гібридні силові агрегати для автобусів на основі гідроприводу. В останніх роль накопичувача енергії грали ба-

лони зі стисненим азотом і маслом. Незважаючи на різні принципи дії цих «гібридів» ефективність їх виявилася близькою один до одного – витрата палива знижувався приблизно вдвічі, а токсичність вихлопу – в кілька разів. Але дані технології радянська автомобільна промисловість не почала використовувати[3].

Третій період, постійне зростання цін на нафту і газ в 70 роки двадцятого століття, а також посилення вимог до екологічних характеристик автомобілів змусили розробників знову зайнятися розробками екологічного і економічного засобу пересування. Тут то і знадобилися давно забуті ідеї конструкторів гібридних авто.

З 70-х років фірма Volkswagen починає демонструвати у Нью-Йорку автомобіль з гібридною силовою установкою. Першим автомобілем від даної фірми було таксі. А також переобладнали електромобіль Jetta City-STROMer [5].

Паралельно до створення гібридного автомобіля приступила Японія, яка окрім легкових авто з послідовним та паралельним приводом описала та розробила гібридний вантажний автомобіль [6].

В слід за Японією англійська фірма Lucas Electric Vehicle Systems також розробила автомобіль з комбінованою системою приводу [7].

Франція також планує обладнати автомобіль додатково електроприводом. Ще декілька фірм General Electric, Punch Gerald, PSA, Still створюють прототипи гібридних автомобілів [8].

1987 р. знову фірма Volkswagen на базі Golf створює перший дизельно-електричний привід. 1989 р. фірма Daimler-Benz випускає новий зчленований тролейбус мод. 0405GZ, забезпечений крім традиційного електродвигуна з приводом на задню вісь, допоміжним 5-циліндровим дизелем [9].

З 1991 р. в Цюриху планується розпочати експлуатацію 40 – 50 легкових автомобілів Volkswagen Golf, оснащених гібридним приводом (дизель і тяговий електродвигун). Вартість програми 5,5-7,5 млн. швейцарських фр. Підготовка автомобілів здійснюється в Швейцарії фірмою Oerlikon Buhrle [10].

З 1990 років починають займатися розробкою комбінованих автомобілів ряд фірм: Bosch, Audi Audi (ФРН) і BBC (Швейцарія), які розглянули 4 схеми альтернативних гібридних приводи для електромобілів.

Японська фірма HINO у 1990 р. розробила міський автобус, оснащений новою енергетичною системою HIMR, яка включає дизель, в маховику якого розташований 3-фазний електродвигун, перетворювач струму, керований електронним контролером за сигналами датчиків, встановлених в замку запалювання і на педалях акселератора і гальма, і акумулятор пост. струму.

Четвертий етап, у 1997 році на японському ринку з'явилася перша серійна гібридна машина Toyota Prius [11]. За версією журналу Forbes Toyota Prius входить в десятку автомобілів змінили світ як найбільш продаваний гібридний автомобіль у світі. Тільки за рік компанія продала понад 20 тисяч таких автомобілів.

У 90-ті роки була випущена Audi Duo, але її недолік полягав у тому, що через додаткової ваги електромотора, автомобіль був менш ефективним при їзді на звичайному двигуні, ніж стандартна Audi 100 з таким же двигуном, тому виробництво цих автомашин з часом припинили.

У 1999 році Honda випустила свій перший гібридний автомобіль – дводверний хетчбек Insight, що став першим гібридним авто, продаваним в США. У 2000 році Toyota почала поставки Prius за кордон, у тому числі і в США.

У 2005 році Toyota оголосила про відкликання 160 000 гібридів Prius для ремонту. Проблема полягала в збої програмного забезпечення комп'ютера автомобіля, що приводив до раптової зупинки бензинового двигуна під час руху.

У 2006 р. в Японії було продано 90410 гібридних автомобілів, що на 47,6% більше, ніж у 2005 р. У 2006 році продажі гібридних автомобілів у США зросли на 22% в порівнянні з 2005 роком. Гібридні автомобілі в США займають 1,5% ринку нових легкових автомобілів.

Усього за 2006 рік в США було продано 251 000 гібридних автомобілів (без обліку продажів Saturn VUE Green Line корпорації GM).

У 2007 році продажі гібридних автомобілів у США зросли на 38% в порівнянні з 2006 роком. Гібридні автомобілі в США займають 2,15% ринку нових легкових автомобілів. Всього за 2007 рік в США було продано близько 350000 гібридних автомобілів (без обліку продажів корпорації GM).

Всього з 1999 р. до кінця 2007 р. в США було продано 1002000 гібридних автомобілів [12].

25 травня 2012 р. — Компанія Toyota Motor Corporation (ТМС) заявила, що станом на 30 квітня 2012 року загальний обсяг реалізації гібридних автомобілів Toyota (включаючи гібридні автомобілі Lexus) досяг 4 млн. одиниць. А сумарний обсяг проданих гібридних автомобілів у Європі досяг 423 тис. штук [11].

Отже, лідером у виробництві гібридних автомобілів є ряд таких фірм: Toyota, Honda, Ford, Audi та BMW.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Здається, що гібридний автомобіль – це те саме ланка, яка дозволить людству виграти час і поступово перейти на екологічно чисті джерела енергії.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електромобиль: техника и экономика / [Щетина В. А., Морговский Ю. Я., Центер Б. И., Богомазов В. А.]. – Л.: 1987. – 253 с.
2. Історія [Електронний ресурс] : <http://elektromobile.vn.ua/istoriya-elektromobiliv>
3. Надеждин Н.Я. Фердинанд Порше "Автомобиль на все времена" / Надеждин Н.Я. – Майор: Осипенко, 2008 – 99 с.
4. Нурбей Гулиа – профессор механики, необычная личность, основатель компании "Combarco" [Електронний ресурс] : <http://nurbejgulia.ru/>
5. Такси Volkswagen с комбинированным приводом / Volkswagen-Taxi fur New York. Fahrzeug mit Hybrid-Antrieb. «Polizei Techn. Verketh», – 1976, № 9. – 372 с.
6. Автомобиль с комбинированным приводом. / Yumoto Ichiro «Дзидося гидзюцу, Jidosha gijutsu, J. Soc. Automot. Eng. Jap.», – 1976, № 7. – 556–561 с.
7. Гибридный автомобиль фирмы Lucas. / Lucas gives evaluations of E/HV systems «Elec. Veh. News», – 1981, № 2. – 18-19 с.
8. Автомобиль с комбинированным приводом Vehicule a moteur auxiliaire. Dennis W. She. – JDana Corp., – 1985, № 12. – 958 с.
9. Разработка электромобилей и автомобилей с гибридным приводом фирмы Volkswagen / Kommt der Hybrid-Antrieb «Krafthand», – 1987, № 15. – 1163-1164 с.
10. Легковые автомобили Volkswagen Golf с гибридным приводом – Gemeins / Volkswagen-ETH Zurich. Golf—Hybrid Grossversuch Automob. Rev. – 1989, № 29. – С, 7
11. У світі продано 4 млн. гібридних автомобілів компанії «Тойота» [Електронний ресурс] : <http://www.toyota.ua/>
12. Гибриды сегодня в мире и в России [Електронний ресурс] : <http://www.biauto.ru/today.shtml>

#### РЕФЕРАТ

Тімков О.М., Луцик А.П. Історія розвитку гібридних силових установок / Олексій Миколайович Тімков, Артур Петрович Луцик // Вісник НТУ. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26.

Дана стаття акцентує увагу на історії розвитку гібридних силових установок, що характеризується значним періодом у розвитку автомобільного транспорту. Розкрито найважливіші роки, які змінювали хід зародження комбінованого приводу у відповідності до поступового розвитку науково-технічного прогресу. Звернена увага на доцільність дослідження та використання гібридних силових установок, які є саме тією ланкою, яка дозволить людству виграти час і поступово перейти на екологічно чисті джерела енергії.

Розглянуто історичний розвиток електромобілів та автомобілів з гібридними силовими установками (ДВЗ та електродвигуна). Наведено основні етапи розвитку гібридного автомобіля, а саме: основоположник гібридного приводу; поодинокі розробки вчених; створення прототипів та серійних зразків. Викладено основні етапи впровадження комбінованого приводу у звичайні транспортні засоби. Описано провідні фірми, які працювали над розробками прототипів та виробники серійних гібридних автомобілів. Наведено цифри продажів автомобілів різних марок у різних країнах з гібридними силовими установками.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ГІБРИДНИЙ АВТОМОБІЛЬ, ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, КОМБІНОВАНА СИЛОВА УСТАНОВКА.

#### ABSTRACT

Timkov O.M., Lucik A.P. The history of development of hybrid power units / Oleksij Mukolajovuch Timkov, Artyr Petrovuch Lucik // Visnyk NTU. – K.: NTU. – 2012. – Vol. 26.

This article is focused on the history of the development of hybrid power systems which are characterized by a significant period in the development of road transport. The most important years that changed the course of the birth of the combined drive according to the gradual development of scientific and technological progress are revealed. Attention is paid to the feasibility of study and use of hybrid power systems,

systems, which are exactly the elements that will allow humanity to gain time and gradually switch to clean sources of energy.

The historical development of electric vehicles and vehicles with hybrid power plants (ICE and electric motor) is considered. The main stages of the development of a hybrid car are cited, they are founder of hybrid drive, single researches of scientists and creation of prototypes and serial models. The basic stages of introduction of the combined drive conventional vehicles are presented. The leading firms which are worked on the development of prototypes and serial manufacturers of hybrid cars are described. The numbers of sales for cars of different brands in different countries with hybrid power plants are cited.

KEYWORDS: HYBRID CAR, ELECTRIC CAR, COMBINED POWER PLANT.

#### РЕФЕРАТ

Тимков А.Н., Луцик А.П. История развития гибридных силовых установок / Алексей Николаевич Тимков, Артур Петрович Луцик // Весник НТУ. – К.: НТУ – 2012. – Вып. 26.

Данная статья акцентирует внимание на истории развития гибридных силовых установок, характеризуется значительным периодом в развитии автомобильного транспорта. Раскрыты важнейшие годы, которые меняли ход зарождения комбинированного привода в соответствии с постепенного развития научно-технического прогресса. Обращено внимание на целесообразность исследования и использования гибридных силовых установок, которые являются именно тем звеном, которое позволит человечеству выиграть время и постепенно перейти на экологически чистые источники энергии.

Рассмотрено историческое развитие электромобилей и автомобилей с гибридными силовыми установками (ДВС и электродвигателя). Приведены основные этапы развития гибридного автомобиля, а именно: основоположник гибридного привода; единичные разработки ученых, создание прототипов и серийных образцов. Изложены основные этапы внедрения комбинированного привода в обычные транспортные средства. Описаны ведущие фирмы, которые работали над разработками прототипов и производители серийных гибридных автомобилей. Приведены цифры продаж автомобилей различных марок в разных странах с гибридными силовыми установками.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГИБРИДНЫЙ АВТОМОБИЛЬ, ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ, КОМБИНИРОВАННАЯ СИЛОВАЯ УСТАНОВКА.

УДК 531.19

#### СТАТИСТИЧНА ДИНАМІКА СИСТЕМИ З ВНУТРІШНІМ РОЗГАЛУЖЕННЯМ СИЛОВОГО ПОТОКУ

Тютін В.М.

Постановка проблеми. В силових приводах різноманітних машин широко використовуються планетарні редуктори. Розподіл крутного моменту, як правило, на три потоки сприяє зменшенню їх радіального габариту та маси в порівнянні з рядовими зубчастими передачами. Разом з тим, через виникнення в зачепленнях зазорів, які викликані помилками виготовлення деталей редуктора, що мають випадкове походження, розподіл навантаження проміж сателітів відбувається нерівномірно. В певний момент часу одне зачеплення буде перевантаженим, а два інших – недовантажені. В наступний момент характер розподілу навантаження може мати протилежний вигляд. Таким чином, щоб забезпечити надійність планетарних редукторів на стадії проектування, необхідно мати рішення задачі статистичної динаміки системи з внутрішнім розгалуженням силового потоку та випадковими внутрішніми силами, що збуджують коливання

Метою роботи є розробка теоретичних положень, спрямованих на уточнення розрахунків на міцність зубчастих зачеплень планетарних редукторів.

Основна частина. Динамічна і відповідна їй математична моделі, наведені в [1] дозволяють вирішувати задачу примусових коливань, що виникають в планетарному редукторі. Головною проблемою, яка залишається невирішеною – в якому вигляді завести до моделі випадкові зазори, щоб отримати рішення, які б досить точно відображали реальні процеси навантаження зачеплень у редукторі. Для серійної продукції помилки розмірів та геометричної форми деталей є випадковими і тому повинні визначатися за законами теорії ймовірностей. Помилки окремих розмірів вважаються первинни-