



Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian National Scientific Journal

№3 (95)



2016

Техніка

енергетика

транспорт АПК



**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково– виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою “Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту”.
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644– 5116 ПР від 30.04.2010 р..

Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2016. – №3 (95) – 249 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 3 від 30.09.2016 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

Журнал є друкованим засобом масової інформації, який внесено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Додаток 12 до наказу Міністерства освіти і науки України 16.05.2016 № 515).

Національна редакційна колегія:

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., проф., академік НААНУ, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Паламарчук І.П. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Друкований М.Ф. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Анісімов В.Ф. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет

Сивак І.О. – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет

Огородніков В.А. – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет

Бурдо О.Г. – д.т.н., проф., академік АНТКУ, Одеська національна академія харчових технологій

Гулько І.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Матвійчук В.А. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Цуркан О.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Булгаков В.М. – д.т.н., проф., академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Солона О.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Іванов М.І. – к.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Кондратюк Д.Г. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Любін М.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Пришляк В.М. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Серета Л.П. – к.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Веселовська Н.Р. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Гевко Р.Б. – д.т.н., проф., Тернопільський національний економічний університет

Бандура В.М. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Володимир Крочко – д.т.н., проф., Словацький аграрний університет (м. Нітра, Словачія)

Януш Новак – д.т.н., проф., Люблінський аграрний університет (м. Люблін, Польща)

Маріан Веселовські – д.т.н., проф., Люблінський природничий університет (м. Люблін, Польща)

Зденко Ткач – д.т.н., проф., Словацький аграрний університет (м. Нітра, Словачія)

Семенс Івановс – д.т.н., проф., Латвійський аграрний університет (м. Улброка, Латвія)

Людвікас Шпокас – д.т.н., проф., Університет Олександра Стулгинського (Литва)

Марош Коренко – д.т.н., проф., Словацький аграрний університет (м. Нітра, Словачія)

Ян Франчак – д.т.н., проф., Словацький аграрний університет (м. Нітра, Словачія)

Володимир Юрча – д.т.н., проф., Чеський університет сільськогосподарства (м. Прага, Чехія)

Гржжина Езевська– Вітковська – д.т.н., проф., Люблінський аграрний університет (м. Люблін, Польща)

Відповідальний секретар редакції **Цуркан О.В.**, кандидат технічних наук, доцент

Технічний редактор **Зозуляк О.В.**, Графічний дизайнер **Янович В.П.**

Редагування, корекція й переклад на іноземну мову **Матієнко О.С.**, **Марцінко Т.І.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет, тел. 46– 00– 03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsuau.org/>

Електронна адреса: tehnovnu@mail.ru



ЗМІСТ

МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ

<i>Kaletnik H., Adamchuk V., Bulgakov V., Kyurchev V., Nadykto V.</i> MAIN PROBLEMS IN THE FIELD OF AGRICULTURAL MECHANIZATION IN UKRAINE.....	6
<i>Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Адамчук В.В., Борис М.М., Ігнат'єв Є.І.</i> ВЛАСТИВОСТІ ГИЧКИ ЦУКРОВОГО БУРЯКА ПРИ ЇЇ ЗБИРАННІ.....	13
<i>Барановський В. М., Пулька Ч.В., Паньків М.Р., Теслик В.В.</i> ЕНЕРГООЩАДНИЙ СПОСІБ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ	21
<i>Головач І.В., Дерев'яно Д.А., Дерев'яно О.Д.</i> ЗНИЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ НАСІННЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ГУМОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИСТКИ	26
<i>Гришун А.В., Бабін І.А., Сінгаєвський В.П.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ МОБІЛЬНОГО ПОДРІБНЮВАЧА- РОЗДАВАЧА ГРУБИХ КОРМІВ.....	31
<i>Любін М.В., Токарчук О.А., Єленіч М.П.</i> РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОСУМІШІ ЗА ДОПОМОГОЮ СКРЕБКОВОГО ТРУБЧАСТОГО ТРАНСПОРТЕРА- ЗМІШУВАЧА.....	35
<i>Павленко С.І.</i> ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ГНОС- КОМПОСТНОЇ СУМІШІ РОБОЧИМ ОРГАНОМ ЗМІШУВАЧА-ФОРМУВАЛЬНИКА БУРТІВ.....	42
<i>Паламарчук І.П., Горбатюк Р.М., Зозуляк І.А.</i> РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ З АКТИВАТОРОМ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА.....	48
<i>Паламарчук І.П., Похвалюк С.Г., Бандура В.М., Буряк М.М.</i> КУЛЬТИВАТОР ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО І МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ДО АДАПТОРА ДЛЯ МОТОБЛОКУ “МОТОР СІЧ”.....	52
<i>Пришляк В.М., П'ясецький А.А., Бурака С.А.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ, АДАПТОВАНИХ ДЛЯ ЧАСТКОВИХ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕННЯ	57
<i>Пономаренко Н. О., Ільченко В.Ю., Яропуд В.М., Усенко А.І.</i> АРГУМЕНТАЦІЯ СЕРЕДНЬОЇ ВІДСТАНІ ПРОБІГУ ПЕРЕСУВНИХ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН.....	63
<i>Спірін А.В., Твердохліб І.В., Лановий М.М.</i> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОДУКТИВНОСТІ МАШИНИ ДЛЯ ВИТИРАННЯ НАСІННЯ.....	67
<i>Груханська О.О.</i> ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ПОШКОДЖЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КОМБІНОВАНОЇ ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ.....	76
<i>Цуркан О.В., Герасимов О.О., Коломієць О.С., Присяжнюк Д.В.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ОЗОНУ В ПІСЛЯЗБИРАЛЬНІЙ ОБРОБЦІ ЗЕРНА.....	80
<i>Шленський О.Б., Серєда Л.П.</i> ТЕХНОЛОГІЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ «СТРИП-ТІЛ» - ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ ПОРІВНЯНО З ІНШИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ.....	85

ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

<i>Гулько І.В., Коваль Л.Г.</i> ЕНЕРГООЩАДНІ БЕЗКОНТАКТНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....	89
--	----

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

<i>Бандура В.М.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФРАЧЕРВОНОГО ТА МІКРОХВИЛЬОВОГО ПОЛЯ В	
---	--



ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБКИ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР	94
<i>Бандура В.М., Коляновський О.М.</i>	
ПОСИЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ ІЗ РІПАКУ	102
<i>Власенко В.В., Бондар М.М., Семко Т.В., Соломон А.М.</i>	
ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ З НАПОВНЮВАЧАМИ	106
<i>Власенко В.В., Крижак С.В., Петлюк Л.А., Крижак Л.М.</i>	
ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ М'ЯСНОГО ФАРШУ З СТАРТОВОЮ КУЛЬТУРОЮ РІЦІ-47	110
<i>Дзись В.Г., Ярошенко Л.В., Олійник А.І.</i>	
СУШАРКА З ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ СТРІЛІНГА	114
<i>Крижак С.В., Власенко В.В., Коляновська Л.М., Новгородська Н.В.</i>	
ЗМІНИ ДИНАМІКИ НАКОПИЧЕННЯ ЛЕТКИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ, ВМІСТУ ВОЛОГИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ У ВИРОБНИЦТВІ КОВБАС	117
<i>Котов Б.І., Степаненко С.П.</i>	
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТИТЕЧІЙНОЇ ПОДАЧІ МАТЕРІАЛУ В ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ ПОВІТРЯНИЙ ПОТІК	121
<i>Паламарчук І.П., Янович В.П., Купчук І.М.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНОВОЇ КРОХМАЛОВМІСНОЇ СИРОВИНИ ЯК ОБ'ЄКТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДІЇ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА	126
<i>Паламарчук І.П., Янович В.П., Купчук І.М.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНОВОЇ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА	130
<i>Пришляк В.М., Завальнюк П.Г.</i>	
НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНІ СПОСОБИ, МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ НА СУШІННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	135
<i>Солона О.В., Котов Б.І., Спирін А.В., Калініченко Р.А.</i>	
СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ТЕПЛОВОЇ І МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ НА КОРМ	139

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

<i>Веселовська Н.Р., Яремчук О.А.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО СЛІДКУЮЧОГО ПРИВОДУ З ЧОТИРЬОХ ЩІЛНИМ ДРОСЕЛЬНИМ РОЗПОДІЛЬНИКОМ	143
<i>Дубчак В.М.</i>	
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ОДНІЙ ПРИКЛАДНІЙ ЗАДАЧІ	151
<i>Краєвський В.О.</i>	
АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МАКСИМІЗАЦІЇ НАКОПИЧЕНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ БАГАТОСТУПЕНЕВОМУ ГАРЯЧОМУ ДЕФОРМУВАННІ	155
<i>Матвійчук В.А., Бубновська І.А.</i>	
АНАЛІЗ СХЕМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПРЕСОРНИХ ЛОПАТОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОПЕРАЦІЇ ГАРЯЧОГО ВАЛЬЦЮВАННЯ	160
<i>Матвійчук В.А., Явдик В.В.</i>	
РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ВИРОБІВ З ДНИЦАМИ І ГОРЛОВИНАМИ	166
<i>Найко Д.А.</i>	
РОЗВИТОК ТЕОРІЇ АПРОКСИМАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ ТИПУ ПОЛІНОМІВ БЕРНШТЕЙНА	171
<i>Штуць А.А., Матвійчук В.А.</i>	
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ ТРУБНИХ ЗАГОТОВОК	178

ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

<i>Веселовська Н.Р., Гуцаленко О.В.</i>	
ВОДНЕВЕ ПАЛИВО ДЛЯ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ – АЛЬТЕРНАТИВА	



ТРАДИЦІЙНОМУ	185
<i>Друкований М.Ф., Алексевич І.М., Ковальова І.М.</i>	
ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЯ	190
<i>Комаха В.П., Рябошапка В.Б.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ЕФЕКТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНА ТА ТЯГОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ ТЯГОВО-ПОТУЖНІСНОГО БАЛАНСУ	193
<i>Лежнюк П.Д., Гунько І.О., Рубаненко О.Є., Малогулко Ю.В.</i>	
ОПТИМІЗАЦІЯ СЕКЦІОНУВАННЯ В ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З РІЗНОТИПНИМИ РОЗПОДІЛЕНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	199
<i>Прядько В.А., Рубаненко О.О.</i>	
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ МЕТОДИ, ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ПОБУТУ	206
<i>Sapan Eminov</i>	
FRUCTOSE CONVERSION TO 5-HYDROXYMETHYLFURFURAL (HMF) CATALYZED BY METAL HALIDES IN IONIC LIQUIDS	211
<i>Стадник М.І., Рубаненко О.О., Бондаренко С.В.</i>	
ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА СОНЯЧНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ВІДНОСНО ЇЇ ВСТАНОВЛЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ	213
<i>Хомяковський Ю.Л.</i>	
СОЦІАЛЬНІ ТА ПЕДАГОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	221
<i>Шевчук О.Ф.</i>	
ПЛІВКИ C_{60}, ЯК ЕФЕКТИВНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	226
<i>Яцковський В.І., Яцковська Р.О.</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕПЛООВОГО РОЗРАХУНКУ ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДАХ ПАЛИВА	231
ТРАНСПОРТНІ ТА ТРАНСПОРТНО - ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ	
<i>Любін М.В., Токарчук О.А., Яропуд В.М.</i>	
ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ КРУТОПОХИЛЕНИХ ГВИНТОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	235
<i>Паладійчук Ю.Б., Тарасюк Ю.М.</i>	
ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ	241
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	
<i>Стадник Н.И.</i>	
МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В АПК	245

ВИКОРИСТАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕПЛООВОГО РОЗРАХУНКУ ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДАХ ПАЛИВА

Яцковський Віктор Іванович к.т.н., доцент
Яцковська Римма Олександрівна асистент
Вінницький національний аграрний університет
Yatskovskiy V.
Yatskovska R.
Vinnitsa National Agrarian University

Анотація: у даній роботі розглядаються проблеми створення нових двигунів внутрішнього згоряння, які полягають в великому часі, що втрачається при їх проектуванні. Актуальність даної роботи в тому що пропонується новий підхід, який дозволяє зменшити витрати часу, при виконанні теплових розрахунків двигунів.

Ключові слова: паралельні обчислення, двигуни внутрішнього згоряння, теплові розрахунки, рівняння Нав'є-Стокса.

Постановка проблеми

При виготовленні нових двигунів велику кількість часу займає їх моделювання. В теперішній час застосовується рівняння Нав'є-Стокса, тобто, ці рівняння вирішуються за допомогою чисельних методів, що є дуже трудомістким. Такі задачі вирішуються на кластерах обчислюваних машин або суперкомп'ютерах, але з останніми розробками фірми NVIDIA з'явилася можливість використовувати для паралельних обчислень графічні процесори, які розміщені на сучасних відеокартах, що дає можливість проводити подібні розрахунки практично в масштабі реального часу.

Мета роботи

Метою даної роботи є зменшення витрат часу при проектуванні нових двигунів або при переведенні їх на альтернативні види палива.

Викладення основного матеріалу

Поршневі двигуни внутрішнього згоряння є джерелом механічної енергії практично в усіх галузях народного господарства. Такі двигуни використовуються в сільському господарстві, водному транспорті, залізничному транспорті. На долю поршневих двигунів у світовому господарстві приходиться близько 80-85 відсотків усіх енергоустановок. В результаті багаторічного розвитку поршневі ДВЗ мають високі питомі, економічні та екологічні показники.

Ще в 1906 році В.І. Гринецький розробив методику теплового розрахунку двигуна, в основі якої була математична модель процесу в циліндрі ДВЗ. Ця модель була основана на законах збереження енергії, маси та рівняння стану. За цією методикою можна було визначити інтегральні показники робочого процесу для визначення основних конструктивних параметрів двигуна [1].

Удосконаленню методики теплового розрахунку В.І. Гринецького займалися Е.К. Мазінг, Н.Р. Брілінг, Б.С. Стечкін, А.С. Орлін та інші.

В рамках класичного теплового розрахунку академік Б. С. Стечкін показав, що закон підведення теплоти робочому тілу визначає ККД робочого циклу двигуна. Тим самим було визначено важливість закону тепловиділення при визначенні характеристик робочого процесу. Крім того, завдання закону тепловиділення у вигляді функції часу дає можливість розглядати теплові процеси в камері згоряння як функцію від часу та кута повороту колінчатого валу двигуна.

Необхідно відмітити також метод розрахунку, який був розроблений К. Нейманом, який використав в дослідженнях уявлення про бімолекулярній хімічній реакції і поклав в основу визначення швидкості згоряння палива в дизельних двигунах кінетичне рівняння бімолекулярної реакції у формі Арреніуса:

$$-\frac{dC_T}{d\tau} = S \cdot \exp\left(-\frac{E_T}{R_g T}\right) \cdot C_T \cdot C_{O_2} \quad (1.1)$$

де $-\frac{dC_T}{d\tau}$ - швидкість зменшення концентрації палива в циліндрі двигуна; C_{O_2} - концентрація кисню в циліндрі двигуна; S - кількість співударів реагуючих молекул за одиницю часу в одиниці об'єму; E_T - енергія активації молекул які реагують; R_g - універсальна газова постійна; T - абсолютна температура.

Прийняті К. Нейманом допущення спрощують дійсні процеси, які протікають в дизельному



двигуні.

У 1983 році в Одесі під керівництвом С.І. Барсукова В.О. Кулаковим була створена термогазодинамічна модель факела палива для аналізу робочого процесу дизельного двигуна [2].

В цій моделі факел палива розглядається як нестационарний, турбулентний потік, який складається з краплин, які випаровуються, та пронизують потік багатокомпонентної суміші газів, які реагують між собою для сумарної щільності газоподібних компонент факелу можемо записати:

$$\rho_{\Sigma} = \sum_i \rho_i, \quad (1.2)$$

де сума береться за всіма газоподібними компонентами факелу, густина яких пронумерована індексом i .

Інтегральні рівняння газової динаміки в змінних Ейлера, записані для багатокомпонентної газової суміші з урахуванням переносу субстанцій, мають наступний вигляд:

$$\int_{\Delta V} (\rho_{i2} - \rho_{i1}) dV = \int_{\tau-\Delta\tau}^{\tau+\Delta\tau} d\tau \left[\int_{\Delta V} \Delta\rho_i dV - \oint_{\Delta S} (\vec{G}_i + \rho_i \vec{V}_i) \cdot \vec{n} dS \right], \quad (1.3)$$

$$\int_{\Delta V} \sum_i (\rho_{i2} \vec{V}_{i2} - \rho_{i1} \vec{V}_{i1}) dV = \int_{\tau-\Delta\tau}^{\tau+\Delta\tau} d\tau \left\{ \int_{\Delta V} \Delta\vec{P}_K dV - \oint_{\Delta S} \left[P\vec{n} + \sum_i \vec{P}_i + \sum_i \rho_i (\vec{V}_i \cdot \vec{n}) \vec{V}_i \right] dS \right\}, \quad (1.4)$$

$$\int_{\Delta V} \sum_i \left[\rho_{i2} \left(\varepsilon_{i2} + \frac{1}{2} V_{i2}^2 \right) - \rho_{i1} \left(\varepsilon_{i1} + \frac{1}{2} V_{i1}^2 \right) \right] dV = \int_{\tau-\Delta\tau}^{\tau+\Delta\tau} d\tau \left\{ \int_{\Delta V} (\Delta E_K + \Delta Q_{ГОР} - \Delta Q_{ИСП}) dV \right\} - \oint_{\Delta S} \sum_i \left[(\vec{Q}_i \cdot \vec{n}) + \rho_i (\vec{V}_i \cdot \vec{n}) \left(\varepsilon_i + \frac{1}{2} V_i^2 + \frac{P_i}{\rho_i} \right) \right] dS, \quad (1.5)$$

де $\rho_{i2}, \rho_{i1}, V_{i2}, V_{i1}, \varepsilon_{i2}, \varepsilon_{i1}$ - густина, швидкість та питома тепла внутрішня енергія i -тої компоненти в елементі dV об'єму ΔV в моменти часу $\tau + \Delta\tau$ та $\tau - \Delta\tau$ відповідно;

$\Delta\rho_i$ - об'ємна потужність джерела або стоку маси i -тої компоненти при хімічних реакціях та випаровуванні;

\vec{n} - одиничний нормальний зовнішній вектор до елемента dS поверхні ΔS , яка обмежує об'єм ΔV ;

$\vec{G}_i, \vec{P}_i, \vec{Q}_i$ - вектори потоку маси, імпульсу та енергії, які переносяться i -тою компонентою на елементі dS за рахунок молекулярної та турбулентної дифузії;

$\rho_i, \vec{V}_i, \varepsilon_i, P_i$ - густина, швидкість, питома тепла внутрішня енергія та парціальний тиск i -тої компоненти на елементі dS поверхні ΔS ;

$\Delta\vec{P}_K, \Delta E_K$ - об'ємна потужність джерел імпульсу та енергії, які передаються потоку суміші газоподібних компонент від потоку крапель який випаровується;

p - тиск в суміші газоподібних компонент факелу;

$\Delta Q_{ИСП}, \Delta Q_{ГОР}$ - об'ємна потужність стоку та джерела енергії за рахунок випаровування та горіння в факелі.

Перетворимо інтегральні рівняння до вигляду, більш пристосованому для чисельного інтегрування. Інтеграли по ΔV та ΔS в їх правих частинах будемо рахувати як такі, що не залежать від часу і порахованими в момент часу τ . При цьому, розрахунковий проміжок $\Delta\tau$ вибираємо настільки малим, щоб із задовільною точністю застосовувати теорему про середнє значення інтегралу по $d\tau$. Тоді інтеграли по часу в правих частинах рівнянь замінюються множенням на $2\Delta\tau$. Поділивши (1.3) на $2\Delta\tau$, отримаємо рівняння збереження маси i -тої компоненти:

$$\frac{1}{2\Delta\tau} \int_{\Delta V} (\rho_{i2} - \rho_{i1}) dV = \int_{\Delta V} \rho_i dV - \oint_{\Delta S} (\vec{G}_i + \rho_i \vec{V}_i) \cdot \vec{n} dS, \quad (1.6)$$

Аналогічно перетворюються рівняння збереження імпульсу та енергії.

Для чисельного рішення системи рівнянь була побудована розрахункова сітка за допомогою набору на півсфер з радіусами $X_C = \Delta X_C, 2\Delta X_C, \dots, L\Delta X_C, \dots$ центр яких розміщений в сопловому отворі розпилювача, і прямих ліній, які виходять з нього, і які є ребрами прямокутних пірамід з кутами $\Delta\alpha_C$ при вершині (рис. 1.1., а). Кутами розрахункової сітки будуть точки перетину цих прямих з на півсферами. Про індексуємо точки, які лежать на одній на півсфері, індексом J в одному напрямку



та індексом K в перпендикулярному першому напрямленні (рис. 1.1.,б). Індекс L нумерує вузли розрахункової сітки в напрямку радіусу на півсфер (рис. 1.1.,а). Обчислення будемо проводити для розрахункового об'єму ΔV утвореного перетином прямокутної піраміди з кутами $2\Delta\alpha_c$ при вершині з на півсферами, радіуси яких дорівнюють $(L-1)\Delta X_c$ та $(L+1)\Delta X_c$ (рис. 1.2.,б) подальшому на півсфери з радіусами $(L-1)\Delta X_c, L\Delta X_c, (L+1)\Delta X_c$ нумеруються числами 1, 2 та 3.

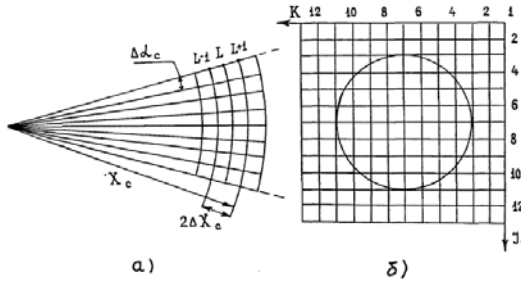


Рис. 1.1. Розрахункова сітка

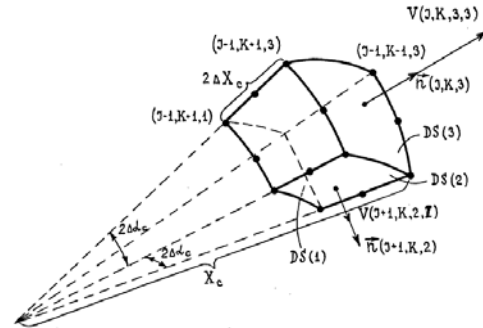


Рис. 1.2. Розрахунковий елемент об'єму

Рівняння газової динаміки записуються для розрахункового об'єму ΔV (рис. 1.2). Значення параметрів факелу беруться у вузлах розрахункової сітки, які лежать в даному об'ємі. За допомогою теореми про середнє значення замінюємо інтегрування за об'ємом множенням величини об'єму за значення підінтегрального виразу, яке вираховано в центрі розрахункового об'єму. Інтеграл по поверхні ΔS об'єму ΔV аналогічно замінюється сумою по всім граням потоків та перенесення мас, імпульсу та енергії. Рівняння збереження маси i -тої компоненти, перетворене до розрахункового виду за описаною методикою, записується для об'єму ΔV з центром у вузлі $(J, K, 2)$ розрахункової сітки наступним чином:

$$\frac{DV}{2\Delta\tau} [R(I, J, K, 2)_2 - R(I, J, K, 2)_1] = \Delta\rho_i DV - \sum_{\Delta S} [G(I, J', K', L') + RV(I, J', K', L')], \quad (1.7)$$

де $R(I, J, K, 2)_2, R(I, J, K, 2)_1$ - щільності компонент в центрі розрахункового об'єму в моменти часу $\tau + \Delta\tau$ та $\tau - \Delta\tau$. Інші члени рівняння обчислюються для моменту τ .

Перетворення до розрахункового виду рівняння збереження енергії дає:

$$\frac{DV}{2\Delta\tau} \sum_I \left\{ R(I, J, K, 2)_2 \left[E(I, J, K, 2)_2 + \frac{1}{2} \sum_{M=1}^3 V(J, K, 2, M)_2^2 \right] - \right. \\ \left. - R(I, J, K, 2)_1 \left[E(I, J, K, 2)_1 + \frac{1}{2} \sum_{M=1}^3 V(J, K, 2, M)_1^2 \right] \right\} = \\ = (\Delta E_K + \Delta Q_{ГОР} - \Delta Q_{ИСП}) DV - \sum_{\Delta S} \sum_I \{ Q(I, J', K', L') \} + RV(I, J', K', L') \quad (1.8)$$

де $\Delta E_K, \Delta Q_{ГОР}, \Delta Q_{ИСП}$ знаходяться в центрі $(J, K, 2)$ об'єму ΔV .

Як відомо, основними рівняннями гідродинаміки є рівняння Нав'є-Стокса. За допомогою цих рівнянь описуються процеси, які протікають всередині циліндра двигуна. Часто, для отримання наближеного рішення з високою точністю використовують сітку з великою кількістю вузлів, при цьому істотно зростає час розрахунків, і тим самим стає актуальним використання багатопроекторних ЕОМ для зменшення часу розрахунків. Одним з підходів, який зменшує час розрахунків є поява технологій, які дозволяють реалізовувати на звичайних персональних комп'ютерах, з відповідним програмним забезпеченням, мініатюрні обчислювальні центри. Так в 2007 році з'явилася програмно-апаратна архітектура, яка дозволяє проводити обчислення з використанням графічних процесорів NVIDIA, які підтримують технологію GPGPU (довільних обчислень на відео картах). CUDA SDK дозволяє програмістам реалізовувати на спальному спрощеному діалекті мови програмування C алгоритми, які виконуються на графічних процесорах NVIDIA та включати спеціальні функції в текст програми. CUDA (англ.. Compute Unified Device Architecture) – програмно-апаратна (рис. 1.3) архітектура, яка дозволяє проводити обчислення за допомогою графічних процесорів [3].

В основі CUDA API лежить мова програмування C з деякими обмеженнями. Для перетворення коді на цій мові у склад пакету програм входить власний компілятор командної стрічки nvcc.

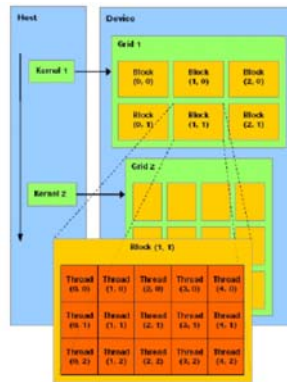


Рис. 1.3. Модель платформи CUDA

Преваги: В порівнянні з традиційним підходом до організації обчислень загального призначення за допомогою можливостей графічних API, у архітектури CUDA відмічаються наступні переваги: інтерфейс програмування оснований на стандартній мові програмування C з деякими обмеженнями, що дає змогу спростити процес навчання та використання цієї архітектури; більш ефективні транзакції між пристроями пам'яті центрального процесора та відео пам'яттю; повна апаратна підтримка цілочисельних та побітових операцій.

Висновки

Порівняльні тести на продуктивність, які проведено фірмою NVIDIA показали, чотирнадцяти кратний приріст продуктивності розрахунків в більшості задач, без проведення оптимізації алгоритму роботи обчислювальних ядер. Тоді як після оптимізації коді а алгоритмів роботи обчислювальних ядер, продуктивність сягає трьохсот тридцяти кратного підвищення. Тому велика кількість задач, з використанням цієї технології може бути реалізована в режимі реального часу з можливістю зміни вхідних параметрів.

Список літератури

1. Kuleshov A.S. Multi-Zone DI Diesel Spray Combustion Model for Thermodynamic Simulation of Engine with PCCI and High EGR Level // SAE Tech. Pap. Ser. – 2009. – N 2009-01-1956. – P. 1-21.
2. Кулаков В.А. Термогазодинамическая модель факела топлива для анализа рабочего процесса дизельного двигателя : дис. ... канд. техн. наук : 05.04.02 / Кулаков Владимир Алексеевич. – Одеса, 1983. – 142 с.
3. Сандерс Дж., Кэндрот Э. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров: Пер. с англ. Слинкина А.А., научный редактор Боресков А.В. – М.: ДМК Пресс, 2013.-232 с.: ил.

References

1. Kuleshov A.S. Multi-Zone DI Diesel Spray Combustion Model for Thermodynamic Simulation of Engine with PCCI and High EGR Level // SAE Tech. Pap. Ser. – 2009. – N 2009-01-1956. – P. 1-21.
2. Kulakov V.A. Termogazodynamycheskaia model fakela toplyva dlia analiza rabocheho protsesssa dyzelnoho dvyhatelia : dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.04.02 / Kulakov Vladymyr Alekseevych. – Odesa, 1983. – 142 s.
3. Sanders Dzh., Kэндрот Э. Tekhnolohyia CUDA v prymerakh: vvedeniye v prohrammyrovaniye hrafycheskykh protsessorov: Per. s anhl. Slynkyna A.A., nauchnyi redaktor Boreskov A.V. – M.: DMK Press, 2013.-232 s.: yl.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

Аннотация: в данной работе рассматриваются проблемы создания новых двигателей внутреннего сгорания, заключающиеся в большом времени, которое теряется при их проектировании. Актуальность данной работы в том, что предлагается новый подход, который позволяет уменьшить затраты времени при выполнении тепловых расчетов двигателей.

Ключевые слова: параллельные вычисления, двигатели внутреннего сгорания, тепловые расчеты, уравнения Навье-Стокса.

USING PARALLEL COMPUTING WHEN PERFORMING THERMAL CALCULATIONS ENGINE AT WORK ON ALTERNATIVE FUELS

Summary: in this paper, the problems of new internal combustion engines, which are a great time that is lost in their design. The relevance of this work is proposed a new approach that reduces the amount of time, the performance of thermal calculation engines.

Keywords: parallel computing, internal combustion engines, thermal calculations, Navier-Stokes equations.