УДК 621.43.013

Хімченко А.В., к.т.н., Щербінка А.В., Бузов А.В.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ЗАДАЧА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВПУСКУ СУЧАСНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З РІЗНИМИ СПОСОБАМИ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ

Виконано аналіз методів моделювання параметрів газообміну в поршневому двигуні внутрішнього згоряння. Стосовно двигунів нетрадиційної конструкції обрано метод моделювання та розрахунку газообміну в циліндрі двигуна та визначення параметрів суміші наприкінці впуску.

Вступ

У недавньому минулому двигуни автомобілів, які ми могли побачити на дорогах, працювали за циклом Отто або Дизеля і принципово практично не відрізнялися. Останні роки ситуація істотно змінюється. У теперішній час досить гостро стоять питання зниження витрати палива і забруднення довкілля автомобілями. Це визначає подальші тенденції розвитку двигунобудування і вже призвело не лише до удосконалення наявних систем, але і до реалізації вдосконалених циклів двигунів внутрішнього згоряння. Сьогодні все частіше зустрічаються нетрадиційні ДВЗ, наприклад ті, що працюють за циклами Аткінсона і Міллєра, двигуни з циліндрами, що відключаються, або зі змінним ступенем стиску.

Сучасне проектування двигунів ґрунтується на методах математичного моделювання. Коректність моделі і можливість максимально врахувати основні процеси, що відбуваються в ДВЗ, визначають якість моделювання і його адекватність. Моделювання значною мірою знижує витрати на наступне доведення і доопрацювання двигуна.

Одним з важливих моментів при моделюванні є визначення параметрів процесу газообміну. Вплив параметрів процесу впуску на згоряння в ДВЗ як із зовнішнім, так і з внутрішнім сумішоутворенням добре відомий з робіт вітчизняних і зарубіжних учених. Таким чином, визначення точних параметрів повітря або паливо-повітряної суміші в кінці процесу впуску при розрахунку робочого циклу двигуна є важливим завданням. Особливо актуально це у зв'язку з появою конструкцій, що регулюють висоту підйому клапанів, фази газорозподілу і з відмовою у ряді бензинових двигунів від регулювання наповнення за допомогою дросельної заслінки. Це вимагає знання впливу законів їх руху на наповнення циліндра і характеру руху суміші усередині нього. Правильна оцінка процесу наповнення дозволить оптимізувати закони управління відкриттям клапанів і раціоналізувати конструкцію газорозподільного механізму (ГРМ) як класичного типу, так і ДВЗ, що працюють по циклах Міллєра і Аткінсона.

Аналогічні завдання стоять і при створенні двигунів модульного типу. При відключенні циліндрів припиненням подачі палива газообмін у відключених циліндрах триває. Розвиток конструкцій ГРМ дозволяє виключити газообмін у відключених циліндрах, понизивши, таким чином, механічні втрати. Як зміняться характеристики процесу наповнення працюючих циліндрів при виключенні газообміну в інших, може показати моделювання цього процесу.

Таким чином, ***метою цього дослідження*** є аналіз і вибір раціонального методу моделювання процесу впуску ДВЗ, що дозволяє враховувати різні способи регулювання потужності в бензиновому двигуні і визначати не лише кількість заряду в циліндрі, але і напрямок його руху.

Загальні підходи до розрахунків процесу впуску

Класичний метод розрахунку впуску в ДВЗ зводиться до визначення усереднених параметрів суміші, таких як тиск p_a і температур в кінці процесу. Очевидно, що такий підхід дозволяє виконати лише значною мірою наближений розрахунок, оскільки рух заряду вважають сталим процесом, а формулу для розрахунку тиску отримують з відомого рівняння Бернуллі:

$$p_a = p_0 - \left(\beta^2 + \xi_{вп}\right)\frac{\omega_{вп}^2}{2}\rho_0 , \qquad (1)$$

де p_0 і ρ_0 – відповідно, тиск і густина потоку в перерізі впускного каналу;

β – коефіцієнт згасання швидкості;

$\xi_{вп}$ – коефіцієнт гідравлічного опору системи впуску;

$\omega_{вп}$ – швидкість потоку в прохідному перерізі клапана.

Видно, що класичний підхід не враховує масу особливостей процесу впуску. Це акустичні коливання, пульсації потоку, теплообмін, вихроутворення й інше. Крім того, на етапі проектування знати точно коефіцієнти $\xi_{вп}$ і $\omega_{вп}$, які змінюються залежно від режиму роботи двигуна, висоти підйому клапана, не можливо.

Очевидно, що застосування подібних моделей можливе тільки для тих типів ДВЗ і режимів їх роботи, для яких в достатній кількості є експериментальні дані.

Коректніші моделі можна отримати **при диференціальному підході.**

Реальний потік газів у системі впуску має складний просторовий нестаціонарний характер. У загальному випадку його описують тривимірними рівняннями газової динаміки в приватних похідних, що виражають закони збереження маси, кількості руху і енергії. За допомогою введення додаткових умов течії здійснюється перехід від загальної базової моделі до складнішої. Слід зауважити, що якість кінцевого продукту значною мірою залежить і від методу розв’язання цих рівнянь. Розглянемо найпоширеніші моделі, які використовуються для вирішення завдань газової динаміки.

Рівняння Ейлера. Потік рідини може бути описаний диференціальними рівняннями, наприклад, в змінних Ейлера [1]. Якщо тиск p, густина ρ, проекції швидкостей часток рідини v_x, v_y, v_z і проекції X, Y, Z діючих об'ємних сил (сили тяжіння, інерційна, відцентрова або коріолісові сили) розглядати як функції координат x, y, z точок простору і часу t (змінні Ейлера), то рівняння Ейлера в проекціях на прямокутні декартові осі координат виглядатимуть таким чином

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x\frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_x}{\partial z} = X - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}\\
&\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x\frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_y}{\partial z} = Y - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}\\
&\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x\frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_z}{\partial z} = Z - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}
\end{aligned}\right\} . \qquad (2)$$

Розв’язання загальної задачі гідромеханіки в змінних Ейлера зводиться до того, щоб, знаючиX, Y, Z, а також початкові і граничні умови, визначити p, v_x, v_y, v_z, ρ, як функції x, y, z і t. Для цього до рівнянь (2) приєднують рівняння нерозривності в змінних Ейлера

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial(pv_x)}{\partial x} + \frac{\partial(pv_y)}{\partial y} + \frac{\partial(pv_z)}{\partial z} = 0 . \qquad (3)$$

У разі баротропної рідини, у якої густина залежить тільки від тиску, додатковим рівнянням буде рівняння стану.

Рівняння Нав'є-Стокса – це основні диференціальні рівняння динаміки в'язкої рідини.

Для нестискуваної рідини в проекціях на осі прямокутної декартової системи координат рівняння мають вигляд:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial v_x}{\partial t}+v_x\frac{\partial v_x}{\partial x}+v_y\frac{\partial v_x}{\partial y}+v_z\frac{\partial v_x}{\partial z}=X-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\upsilon\nabla^2 v_x\\
\frac{\partial v_y}{\partial t}+v_x\frac{\partial v_y}{\partial x}+v_y\frac{\partial v_y}{\partial y}+v_z\frac{\partial v_y}{\partial z}=Y-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+\upsilon\nabla^2 v_y\\
\frac{\partial v_z}{\partial t}+v_x\frac{\partial v_z}{\partial x}+v_y\frac{\partial v_z}{\partial y}+v_z\frac{\partial v_z}{\partial z}=Z-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}+\upsilon\nabla^2 v_z
\end{aligned}\right\}\tag{4}$$

де $\upsilon=\dfrac{m}{\rho}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості (m – динамічний коефіцієнт в'язкості);

$\nabla^2 v$ – оператор Лапласа.

Рівняння Нав'є-Стокса служать для визначення v_x, v_y, v_z, p, як функцій від x, y, z, t. Щоб замкнути систему, до рівнянь (4) приєднують рівняння нерозривності.

Для набуття конкретних значень при інтеграції системи рівнянь мають бути використані початкові (якщо рух не є стаціонарним) і граничні умови, якими для в'язкої рідини є умови «прилипання» часток рідини до твердої стінки. У загальному випадку (рух стискуваної рідини, що нагрівається) в рівняннях Нав'є-Стокса враховується також змінність щільності ρ і залежність динамічного коефіцієнта в'язкості m від температури, що змінює вид рівнянь. При цьому додатково використовуються рівняння балансу енергії і рівняння стану.

Часто моделі спрощують, приводячи до одновимірного завдання. Тоді для випадку відсутності теплообміну і тертя система має вигляд

$$\left.\begin{aligned}
v\frac{\partial v}{\partial x}dx+\frac{\partial v}{\partial t}dx=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}dx\\
\frac{\partial p}{\partial t}+v\frac{\partial p}{\partial x}=-\rho\frac{\partial v}{\partial x}
\end{aligned}\right\}\tag{5}$$

Розв’язання цієї системи можливе спільно з рівнянням стану, у тому числі і в інтегральній формі.

Проте одновимірна постановка завдання, особливо у разі приведення до інтегральної форми, потребуватиме уведення ряду припущень. Це неминуче призводить до істотних похибок у процесі моделювання і дозволяє тільки орієнтовно оцінити параметри процесу впуску або вимагає введення в модель експериментальних даних залежно від режиму роботи двигуна. Зокрема такий підхід не дозволить врахувати вплив закону відкриття клапанів на наповнення і організацію руху заряду в циліндрі для нового нетрадиційного двигуна і обійтися без дорогих експериментів.

Очевидно, потрібне тривимірне моделювання потоку повітря, що поступає в циліндр.

Застосування рівнянь Ейлера доцільне у разі ідеальної рідини. Це можна застосувати і до повітря при низьких тисках і високих температурах. У разі підвищення тиску в процесі стиску або при застосуванні високого наддуву можна отримати значну похибку. Тому сучасні дослідники [2, 3] все частіше застосовують при моделюванні рівняння Нав'є-Стокса. Саме моделі, побудовані на основі рівнянь Нав'є-Стокса в консервативній і неконсервативній формах [4], дозволяють досліджувати рух рідини чисельними методами у найрізноманітніших умовах.

На сучасному етапі розвитку обчислювальної техніки вибір раціонального чисельного методу розв’язання дозволить при прийнятній точності отримати результат за розумний час.

Методи розв'язання рівнянь газової динаміки

Сьогодні **чисельні методи** розв'язання рівнянь газової динаміки дозволяють найефективніше моделювати потоки в газоповітряних трактах, а з появою усе більш нових поколінь ЕОМ і програмного забезпечення їх кількість нарівні з якістю інтенсивно зростає. Не втратили своєї актуальності і аналітичні моделі, але результати цих досліджень часто використовують тільки як початкові дані для уточненого чисельного моделювання на ЕОМ. Серед величезної різноманітності чисельних методів були розглянуті основні, такі, що набули найбільшого поширення при розрахунках течії газу в трактах ДВЗ.

Метод характеристик [5] застосовується для зменшення числа незалежних змінних у результаті запису рівнянь за характеристиками, які є лініями руху фронтів елементарних збурювань у нестаціонарному потоку. Уздовж характеристик рівняння в приватних похідних перетворюються в диференціальні рівняння, а далі за допомогою інваріантів Рімана здійснюється перехід до інтегральної форми.

Якщо розглядати газодинамічні параметри як функції незалежних змінних координати x і часу t; течію вважати нев'язкою і оборотною в каналі постійного перерізу, то рівняння руху газу (збереження маси, кількості руху і енергії) мають вигляд:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial\rho}{\partial t}+v\frac{\partial\rho}{\partial t}+\rho\frac{\partial v}{\partial x}=0\\ &\frac{\partial v}{\partial t}+v\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}=0\\ &\frac{\partial S}{\partial t}+v\frac{\partial S}{\partial x}=0 \end{aligned}\right\}, \tag{6}$$

де S – ентропія;

a – швидкість світла.

Рівняння системи (6) спрощуються приведенням до характеристичної форми

$$\frac{\partial x}{\partial t}=v+a;\ \frac{\partial x}{\partial t}=v-a;\ \frac{\partial x}{\partial t}=v. \tag{7}$$

А далі уздовж характеристик вони перетворяться в звичайні диференціальні рівняння:

$$\frac{d\left(v+\int\limits_{P_0}^{P}\frac{dp}{a\rho}\right)}{dt}=0;\ \frac{d\left(v-\int\limits_{P_0}^{P}\frac{dp}{a\rho}\right)}{dt}=0;\ \frac{dS}{dt}=0\,. \tag{8}$$

При ізоентропній течії зміна термодинамічних параметрів усього потоку здійснюватиметься адіабатично. Тоді

$$I_+=v+\int\limits_{P_0}^{P}\frac{dp}{a\rho}=v+\frac{2}{k-1}a=const;\ I_-=v-\int\limits_{P_0}^{P}\frac{dp}{a\rho}=v-\frac{2}{k-1}a=const, \tag{9}$$

де I_+, I_- – інваріанти Рімана;

k – показник адіабати.

Алгоритм методу характеристик полягає у визначенні параметрів і координат точок, що лежать на перетині характеристик, що виходять з відомих точок досліджуваної площини. Інваріанти Рімана незмінні уздовж відповідних характеристик. Тобто швидкість звуку і швидкість потоку в точках перетину характеристик визначаються значеннями інваріантів Рімана, що переносяться уздовж характеристик із точок з відомими параметрами газу.

Треба враховувати нелінійність характеристик внаслідок того, що уздовж них параметри v і a змінюються. Проте при достатньому масштабі розрахункових кроків відрізки, що отримуються при перетині характеристик, можуть бути представлені у вигляді прямих.

Істотний недолік методу – виконання умови безперервності інваріантів Рімана тільки в межах гладких течій. Це змушує вводити в рівняння штучну в'язкість, яка призводить до накопичення похибок при розрахунках і помилок у визначенні параметрів. Реалізація ж інших підходів, що усувають ці недоліки, несе за собою великі витрати обчислювального часу і складність моделювання.

Крім того, метод характеристик не враховує теплообмін, що знижує точність моделювання.

Метод розпаду довільного розриву. Відповідно до методу параметри газу в каналі розподіляються у вигляді кусково-постійних функцій з розривами на межах осередків. Зміна параметрів газу у визначеному $\left(j+1/2\right)$ осередку на новому тимчасовому шарі $\left(j+1\right)$ визначається потоками маси M_i, M_{i+1}, імпульсу I_i, I_{i+1} й енергії E_i, E_{i+1} через вузли сітки з координатами x_i, x_{i+1}, а також впливом сил тертя і тепловіддачі.

Задача Рімана про розпад довільного розриву – задача про побудову аналітичного розв'язання нестаціонарних рівнянь механіки суцільних середовищ у застосуванні до розпаду довільного розриву. Вона повністю вирішена в обмеженому колі окремих випадків – для рівнянь газової динаміки ідеального газу і деяких більш точних наближень (тобто газ з двочленним рівнянням стану) та рівнянь теорії мілкої води. Розв'язок для рівнянь магнітної газової динаміки може бути побудований, цілком імовірно, аж до необхідності чисельного розв'язання одного досить складного звичайного диференціального рівняння.

Як правило, розв'язується одномірна задача про розпад розриву – тобто вважається, що до початкового моменту часу t=0 дві області простору з різними значеннями термодинамічних параметрів (для газової динаміки це густина, швидкість і тиск газу) були розділені тонкою перегородкою, а в початковий момент часу перегородку прибирають. Потрібно побудувати розв'язок (тобто залежність всіх термодинамічних параметрів від часу і координати) при довільних початкових значеннях змінних. Розв'язання задачі про розпад довільного розриву полягає у визначенні газодинамічної течії, що виникає при $t > 0$. Іншими словами, мова йде про рішення завдання Коші для рівнянь газової динаміки, в якій початкові умови задані у вигляді описаного вище довільногорозриву.

Розв'язок шукають у вигляді набору елементарних хвиль, що визначається структурою системи рівнянь. Зокрема, для газової динаміки це: ударна хвиля, хвиля розрідження та контактний розрив.

Виявляється, що для систем рівнянь, записаних у дивергентній формі, розв'язок буде автомодельним.

Розв'язок задачі Рімана знаходить застосування в чисельних методах при розв'язанні нестаціонарних задач з великими розривами. Саме на розв'язанні (точному або наближеному) задачі Рімана про розпад розриву ґрунтується метод Годунова розв'язання систем нестаціонарних рівнянь механіки суцільного середовища.

Особливістю постановки та реалізації граничних умов у методах контрольного об'єму (у тому числі і в методі Годунова) є необхідність завдання або розрахунку потоків через грань контрольного об'єму, що збігається кордоном з розрахунковою ділянкою. Для першого й останнього осередків розрахункового шару треба визначити потоки маси, імпульсу і енергії через грані.

Часто для завдання граничних умов уводяться «віртуальні» розрахункові комірки. Для цього ліворуч від першого осередку і праворуч від останньої клітинки уводиться ще по одному додатковому осередку, у кожному з яких задаються такі параметри течії, щоб при розв'язанні задачі Рімана на бічній грані моделювалися необхідні потоки.

Розглянемо побудову чисельного методу Годунова першого порядку точності на прикладі розв'язання системи рівнянь одновимірної нестаціонарної газової динаміки, записаної в дивергентній формі:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{\partial\rho}{\partial t}+\frac{\partial\rho u}{\partial x}=0\\&\frac{\partial(\rho u)}{\partial t}+\frac{\partial\left(p+\rho u^2\right)}{\partial x}=0\\&\frac{\partial E}{\partial t}+\frac{\partial u(E+p)}{\partial x}=0\end{aligned}\right\},\tag{10}$$

де ρ – густина;

p – тиск;

u – швидкість;

E – повна енергія в одиниці об'єму.

Зауважимо,що перше рівняння виражає закон збереження маси,друге рівняння виражає закон збереження імпульсу,третє рівняння виражає закон збереження енергії.

Початкова система може бути записана в компактнішій формі:

$$\frac{\partial q}{\partial t}+\frac{\partial f}{\partial x}=0,\tag{11}$$

де q – вектор консервативних змінних;

$$q=\begin{pmatrix}\rho\\ \rho u\\ E\end{pmatrix},\tag{12}$$

f – вектор потоків;

$$f=\begin{pmatrix}\rho u\\ p+\rho u^2\\ u(E+p)\end{pmatrix}.\tag{13}$$

Метод розпаду довільного розриву ефективно використовується для чисельного моделювання термоакустичної хвилі, розв’язання завдань, що описують багатократну взаємодію ударних хвиль, хвиль розрідження і контактних меж. Це обмежує його застосування в ДВЗ.

Методи кінцевих різниць (метод сіток) [6]. Суть методу полягає в тому, що область безперервної зміни аргументів замінюється дискретною безліччю точок (вузлів), яка називається сіткою або ґратами. Замість функції безперервного аргументу розглядаються функції дискретного аргументу, які визначені у вузлах сітки і називаються сітковими функціями. Похідні, що входять в диференціальне рівняння і граничні умови, замінюються різницевими похідними, при цьому граничне (крайове) завдання для диференціального рівняння замінюється системою лінійних або нелінійних рівнянь (сіткових або різницевих рівнянь) алгебри. Такі системи часто називають різницевими схемами. І ці схеми розв’язуються відносно невідомої сіткової функції.

Принцип можна розглянути на прикладі розв’язання рівняння Лапласа:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 p}{\partial y^2}=0\,,\tag{14}$$

де $p(x,y)$ – шукана функція;

x, y – прямокутні координати плоскої області.

Далі здійснюється заміна приватних похідних у рівнянні (14) скінченно-різницевими відношеннями, приймаючи s – крок сітки:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \approx \frac{p(x+s,y)-2p(x,y)+p(x-s,y)}{s^2}; \ \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \approx \frac{p(x,y+s)-2p(x,y)+p(x,y-s)}{s^2}. \quad (15)$$

І, розв'язуючи рівняння(10) відносно $p(x,y)$, отримуємо:

$$p(x,y) = \frac{p(x+s,y)+p(x-s,y)+p(x,y+s)+p(x,y-s)}{4}. \quad (16)$$

Задавши значення функції $p(x,y)$ у граничних вузлах контуру сіткової області відповідно до граничних умов і вирішуючи отриману систему рівнянь (12) для кожного вузла сітки, отримують чисельне розв'язання задачі(14) у заданій області.

Ясно, що число рівнянь виду (12) дорівнює кількості вузлів сіткової області, і чим більше вузлів (тобто чим дрібніше сітка), тим менше похибка обчислень. Проте потрібно пам'ятати, що із зменшенням кроку s зростає розмірність системи рівнянь і, отже, час розв'язання.

Перевагою методу сіток є його універсальність, можливість обробки областей довільної форми, сітку можна зробити менш щільною в тих місцях, де особлива точність не потрібна для заощадження машинного часу.

Довгий час широкому поширенню методу сіток заважала відсутність алгоритмів автоматичного розбиття області на «майже рівносторонні» трикутники (похибка, залежно від варіації методу, обернено пропорційна синусу або найгострішому чи найтупішому куту в розбитті). Цей недолік був усунений за допомогою алгоритмів заснованих на тріангуляції Делоне.

Висновки

Спеціальні методи достатньо вузько направлені і їх застосовують для вирішення завдань газової динаміки, які орієнтовані на конкретні особливості течії. Тому:

1. За відсутності експериментальних даних щодо параметрів процесу впуску в двигунах нетрадиційної конструкції потрібно використовувати для визначення параметрів газообміну моделі, побудовані на основі рівнянь Нав'є-Стокса в консервативній і неконсервативній формах.

2. Метод сіток дозволяє вирішувати найбільш широкий круг завдань і, з урахуванням сучасного рівня розвитку комп'ютерної техніки, є переважним для моделювання процесів в двигунах нетрадиційної конструкції.

Список літератури

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов / Л.Г. Лойцянский. – [7-е изд.]. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
2. Blazek J. Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications / J. Blazek. – London: Elsevier, 2001. – 440 p.
3. Хандримайлов А.О. Вдосконалення аеродинамічних характеристик впускних каналів камери згоряння малолітражних високообертових дизелів // автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки» / А.О. Хандримайлов. – Харків, 2008. – 20 с.
4. Zienkiewicz O.C. The Finite Element Method. Volume 3: Fluid Dynamics // O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor. – Butterworth-Heinemann: Barcelona, 2000. – 334 c.
5. Крайнюк О.І. Регульовані системи газорозподілу ДВЗ / О.І. Крайнюк. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2006. – 232 с.
6. Самарский А.А. Разностные методы решения задач газовой динамики: учеб. пособие: для вузов / А.А. Самарский, Ю.П. Попов. – [3-е изд.]. – М.: Наука, 1992. – 424 с.

Рецензент: д.т.н., проф. М.І. Міщенко, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Стаття надійшла до редакції 01.07.11