

10. Беляков В.Ф., Корольов В.М., Руденко К.В., Мельников В.В. Аналіз тенденцій розвитку систем зовнішнього цілевказування в механізованих підрозділах провідних країн світу та підрозділах Збройних Сил України // Сучасні досягнення геодезії. – 2008. – №2. – С. 31-71.

#### **Пути применения навигационной аппаратуры при типовых вариантах ведения боевых действий общевойсковыми подразделениями**

П.П. Ткачук, В.Н. Королев, А.П. Красюк, В.Д. Макаревич

*Представлен анализ основных путей применения навигационной аппаратуры при типовых вариантах ведения боевых действий общевойсковыми подразделениями.*

**Ключевые слова:** навигационные системы, геоинформационные системы, целеуказание.

#### **Ways of navigational equipment employment during conventional warfare of combined arms units**

P.P Tkachuk, V.N. Koroliov, A.P. Krasiuk, V.D. Makarevych

*Analysis of the main ways to use navigation equipment in the conventional warfare of combined arms units is presented.*

**Keywords:** navigation equipment, geographical information equipment, target marking.

УДК 358.111

В.В. Яковенко

*Академія сухопутних військ, Львів*

### **КРИТЕРІАЛЬНІ ПІДХОДИ ОЦІНКИ УРАЖАЮЧОЇ ДІЇ ОСКОЛКІВ БОЙОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

*Наведено результати аналізу впливу осколкової дії реактивних снарядів з касетною бойовою частиною на результат вогневого ураження живої сили противника; визначено основні критеріальні підходи оцінки уражаючої дії осколками.*

**Ключові слова:** реактивні снаряди, осколкова бойова частина, бойові елементи, осколкова дія снарядів.

#### **Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Характер сучасного бою постійно вимагає значного скорочення часу на підготовку, передачу і прийом цілевказівок, прицілювання і відкриття вогню артилерії. Однак автором в даній роботі не ставилося за мету прогнозування майбутніх світових війн. Можливо, більш доцільним було б провести аналіз місця і ролі переважної кількості засобів ураження в загальновійськовому бою, з одного боку. З іншого боку, бути впевненим у своїй правоті неможливо, адже дуже важко чітко визначитися, до якого покоління війни необхідно готуватися та яку кількість озброєння необхідно мати (попри існуючі нормативні та правові акти).

Разом з тим проведений аналіз типових структур механізованих, танкових, аеромобільних підрозділів ЗС України показав, що організаційно до складу бригадних артилерійських груп (брат) входять РСЗВ "Град", до речі, як і в більшості країн світу в

подібних формуваннях. Тому під час виконання будь-якого роду військової діяльності, в тому числі і миротворчої, було б доцільно мати мобільні засоби ураження з досить високою ефективністю на кшталт РСЗВ БМ-21 "Град".

Ведучи розмову про переваги реактивних систем над іншими засобами вогневого впливу, традиційно їх пов'язують з дальністю стрільби (пусків) та могутністю боєприпасів [1,2], але це не єдина складова їх бойових можливостей. Тільки сукупність таких показників, як: дальність і точність стрільби (пусків); швидкострільність і режим вогню; маневреність, захищеність, боєкомплект, надійність і економічність експлуатації; можливості щодо виконання вогневих і тактичних завдань та інші, значною мірою можуть відповісти на питання переваг РСЗВ над іншими видами озброєння.

Аналіз наукових публікацій свідчить, що з кожним наступним воєнним конфліктом витрата реактивних снарядів (РС) постійно зростає, приблизно

на 25...30% щоразу [3,4]. Так, в найбільш напружені періоди бойових дій витрата РС може в декілька разів перевищувати їх заплановану потребу, порівняно з іншими періодами вогневого ураження противника. Тому здатність забезпечення виконання завдань буде надто низькою і потребуватиме постійного корегування. А демаскуючі ознаки РС (робота реактивного двигуна супроводжується характерним звуком; залежність від добових ознак (вночі – заграва, траси від горіння твердого палива; вдень – темні клуби диму наприкінці активної ділянки траєкторії)) фактично можуть призвести до обмеження, а в деяких випадках і відмови від застосування РСЗВ.

Таким чином, з відмовою від використання ядерної зброї, а також з відсутністю високоточних засобів ураження в тактичній ланці є необхідність шукати нові підходи ефективної модернізації існуючих засобів ураження. А саме провести заходи щодо оновлення існуючих видів РС, по двох основних напрямках:

1) здійснення модернізації зразків, вже прийнятих на озброєння, з метою підвищення дальності стрільби і розширення їх бойових можливостей, а також уніфікації та подовження терміну служби;

2) створення нових видів багатофункціональних реактивних снарядів з касетною бойовою частиною (РС з КБЧ).

Тому в подальшому автором пропонується вести діалог саме з огляду на реактивні снаряди з касетною бойовою частиною. Ураження цілей касетними боеприпасами осколкової дії характеризується досить високим ступенем ефективності. Разом з тим майже рівномірне розсіювання РС з КБЧ, касет та бойових елементів (БЕ) призводить до збільшення величини математичного сподівання кількості відносних безповоротних втрат.

За своїми балістичними характеристиками, розсіювання БЕ на місцевості можуть здійснювати не лише фізичне знищення живої сили, пошкодження техніки (виведення з ладу оптико-електронних засобів розвідки, спостереження, зв'язку; в окремих випадках артилерійської частини бронетехніки), а також може здійснюватися вплив на морально-психологічний стан противника. І тим самим сковувати дії, а під час неодноразового застосування по тому самому об'єкту (підрозділах) призводити до значних психогенних втрат [5].

Сучасні танки і самохідні артилерійські установки високоманеврені і мають могутній броньовий захист. Це достатньо зменшує їх уразливість від дії традиційних боеприпасів. Останніми роками розроблені нові ефективні способи захисту від кумулятивних і підкаліберних боеприпасів: комбінована броня з різними матеріалами по прошарках; навісний і вбудований динамічний захист; активний захист, що полягає в скеруванні польоту снаряда з головою самонаведення з метою зміни його траєкторії.

Однак лише 1/5 часу жива сила противника буде знаходитися в броньованих об'єктах, решту часу вона виконуватиме заходи, пов'язані з життєдіяльністю підрозділів та підготовкою озброєння та військової техніки до ведення активної фази бою. Тому розгляд даних підходів є досить актуальним.

Головною проблемою публікації автора [6] є пошук створення універсальної методики критеріальної оцінки уражаючої дії реактивних снарядів з касетною бойовою частиною. Наряду з цим залишаються до кінця не вирішені наступні проблемні питання: яким вимогам повинна відповідати осколкоутворювальна маса бойових елементів реактивних снарядів з касетною бойовою частиною; яким параметричним характеристикам повинні відповідати вбивчі осколки штучного подрібнення. І в результаті в процесі створення осколкових полів за яким з існуючих критеріїв можливо оцінювати ступінь ураження живої сили осколками.

## Мета статті

Метою роботи є теоретичне обґрунтування критеріальних підходів оцінки уражаючої дії осколкоутворювальної оболонки бойових елементів реактивних снарядів з касетною бойовою частиною.

## Виклад основного матеріалу

Ефективність осколкових боеприпасів залежить від подрібнення оболонки снаряда на осколки, тобто від їх загальної кількості, що утворюються під час розриву, від характеру розподілу осколків по їх масах. Відповідні характеристики подрібнення корпусів осколкових боеприпасів визначаються, як правило, дослідницьким шляхом. На основі проведених камерних досліджень [6,7] була прийнята модель зсувового осколка, отриманого поверхнями ковзання, що розвиваються під кутом  $45^\circ$  до внутрішніх поверхонь. Тому маса осколка може бути записана таким чином

$$m = 0,5\alpha_0\lambda_\Delta\Delta_S^3, \quad (1)$$

де  $\lambda_\Delta$  – видовження осколка  $\lambda_\Delta = l/\Delta_S$ , мм;

$l$  – довжина осколка, мм;

$\Delta_S$  – сходинок ковзання.

Разом з тим чисельні вимірювання [7] ширини східців ковзання і подовжень контактних зсувових осколків стандартних циліндрів показали, що нижні довірчі межі довірчої імовірності 0,8 становлять 2,8...2,9 мм, тому за основу прийняли масу осколків для циліндрів діаметром 40 мм 0,25 г. У зв'язку з конструктивними особливостями снаряда для подальших досліджень відповідні величини взяті за критеріальні.

**Характеристика осколкоутворювальної маси звичайного подрібнення.** Під час дослідження осколків були виявлені характерні особливості, що дали змогу охарактеризувати по двох різнорідних

морфологічних поєднаннях — великі (основні, квазірегулярні) типу А і осколки, що їх супроводжують дрібні типу В [7].

Разом з тим осколки типу А і значна кількість типу В мають певні видовження по утворюючій оболонці. Подовження можливо описати таким чином

$$\lambda = \sqrt{\frac{\gamma l^3}{m}} = \sqrt{\frac{l^3}{V}}, \quad (2)$$

де  $m$  — маса осколка, г;  $V$  — об'єм осколка,  $\text{м}^3$ .

Як показують розрахунки, наявність довгих чи надто довгих осколків вказує на незадовільне подрібнення, а в умовах, коли метал має в'язку структуру, вибухову речовину з низькобризантними властивостями, можливий варіант створення осколків з довжиною, що дорівнює довжині оболонки, так звані смуги [8]. Типові смуги та близькі по довжині осколки сталей 60 ТНТ, та 45 ТНТ стандартних циліндрів №12 [8,9] наведені нижче (табл. 1)

Аналіз таблиці свідчить про характерні параметри осколків з даних матеріалів, що знаходяться фактично в одному діапазоні мас.

Але межею конструктивних змін оболонки, проведених з метою отримання осколків заданої маси, є оболонка, що виготовлена з готових осколків. Тому, враховуючи попередні дослідження [10], перспективною конфігурацією можна вважати пряму чи косу призму, а оптимальним перетином є ромб із заданим гострим кутом  $\beta$ .

Таблиця 1

Типові характеристики надто довгих осколків

№ з/п	l, мм	m, г	$\lambda$
Сталь 60/ТНТ			
1.	156	41,5	26,8
2.	167	35,3	32,2
3.	137	24,5	28
4.	145	39,2	24,7
Сталь 45/ТНТ			
1.	159	35,2	30
2.	137	25,7	28,1
3.	142	27	29
4.	130	23,2	27,3

В даному випадку площу ромба можливо визначити таким чином

$$S_p = \frac{1}{2} G^2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2};$$

де  $G$  — велика діагональ ромба, мм.

Тоді об'єм паралелепіпеда  $B$  і параметр форми  $\Phi$  визначається наступним чином

$$B = \frac{1}{2} S_{ock} L^2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{\lambda_G G^3}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}, \quad (3)$$

$$\Phi = \frac{\sin(\beta/2) + 2\lambda_G \sin a}{4 \sin a \cos(\beta/2) (\lambda_G/2) \operatorname{tg}(\beta/2)^{2/3}}. \quad (4)$$

Таким чином, під час розрахунків оптимальних параметрів тих чи інших конфігурацій осколків необхідно враховувати параметри, наближені або ті, що збігаються зі звичайними осколками. Разом з тим низка показників, таких як форма та фіксована маса, призводять до подальших досліджень у виборі оптимальних значень як осколків, так і снарядів у цілому.

**Параметричні характеристики убивчих осколків.** Відомо, що уражаюча дія осколка залежить не лише від конфігурації, а й певних балістичних характеристик, а тому рух у повітрі необхідно розглядати на основі вже проведених досліджень [11] за певних припущень:

- 1) вплив сили тяжіння має малі параметри, тому знехтувані;
- 2) щільність повітря вздовж траєкторії постійна;
- 3) площа міделя осколка дорівнюватиме середньому значенню;
- 4) коефіцієнт лобового опору не залежить від швидкості осколка.

Для практичних розрахунків становить інтерес закон падіння швидкості осколка в функції від пройденої відстані (експоненціального затухання швидкості осколка в польоті). Тому з урахуванням вбивчої швидкості ( $v_{y\delta}$ ) необхідно розрахувати відстань від місця вибуху, на якому осколок зберігає необхідну швидкість для ураження цілі (вбивчий інтервал)

$$I_{y\delta} = \frac{1}{A} \ln \frac{v_0}{v_{y\delta}}, \quad (5)$$

де  $v_0$  — початкова швидкість осколка, м/с;

$v_{y\delta}$  — вбивча швидкість осколка, м/с;

$A$  — балістичний коефіцієнт, 1/м.

Розглянемо кожен елемент виразу.

Вираз для балістичного коефіцієнта може мати такий вигляд [11]

$$A = \frac{\rho_n c_x \Phi}{29_0^{2/3} m^{1/3}} = \frac{J}{m^{1/3}},$$

де  $\rho_n$  — щільність повітря, г/м<sup>3</sup>;

$c_x$  — коефіцієнт лобового опору для осколків звичайного подрібнення взято 1,21;

$\Phi$  — коефіцієнт форми осколка;

$9_0$  — густина матеріалу осколка, г/см<sup>3</sup>;

$m$  — маса осколка, г;

$J$  — балістичний параметр (у середньому для осколків 0,03).

Початкова швидкість розльоту осколків може бути визначена або експериментальним шляхом, або шляхом розрахунків за формулою Г.І. Покровського

$$v_0 = \varphi_0 \frac{D}{2} \sqrt{\frac{\zeta}{2-\zeta}}, \quad (6)$$

де  $\zeta$  — місцевий коефіцієнт наповнення;

$D$  — швидкість детонації заряду ВР, м/с;

$\varphi_0$  – коефіцієнт, що враховує втрату швидкості за рахунок прориву продуктів детонації під час руйнування снаряда.

Значення вбивчої швидкості як одного з тих параметрів, що характеризує здатність осколків уражати живу силу, можливо подати таким чином

$$v_{уб} = \frac{155 h_{cm}^e \Phi}{m^{1/3}},$$

де  $h_{cm}^e$  – сталевий еквівалент цілі, мм.

З практики відомо, що зі збільшенням кількості вбивчих осколків і вбивчих інтервалів зростають розміри приведеної зони ураження ( $S_{II}$ ) [12]. Тому для проведення подальших досліджень існує необхідність у більш повному розгляді даних величин.

На основі попередніх розрахунків і практичних стрільб [12] були встановлені наступні зони ураження відкрито розташованої живої сили для РСЗВ (табл. 2), що дають підстави стверджувати про зростання приведених зон ураження зі збільшенням дальності стрільби РСЗВ.

Таблиця 2

Приведені зони ураження відкрито розташованої живої сили, м<sup>2</sup>

№ з/п	Дальність стрільби, м	Приведені зони ураження м <sup>2</sup>
1	4000	360
2	8000	415
3	10000	465
4	12000	515
5	16000	575

Аналіз таблиці свідчить про зростання площі приведеної зони ураження зі збільшенням дальності стрільби.

В свою чергу під час стрільби реактивними снарядами по живій силі, розташованій у відкритих траншеях і окопах, площа приведеної зони ураження складає 45 м<sup>2</sup> [12].

Таким чином, для розрахунку площі приведеної зони ураження осколками для наших умов маємо порівняльні характеристики існуючих систем. Тому для розрахунку скористаємося такою математичною залежністю

$$S_{II_{BE}} = 2\Delta\chi \int_0^{I_{уб}} \left( 1 - \exp\left( -\frac{NS_{II}}{2\pi r^2 (\cos \gamma_1 - \gamma_2)} \right) \right) r dr, \quad (7)$$

де  $\Delta\chi$  – кут сектора ураження на місцевості, град;

$\gamma_1, \gamma_2$  – передній і задній відповідно меридіанні кути осколкового поля в динаміці, град.

**Осколкові поля та характеристика конфігурації еквівалентних циліндрів.** Під час розрахунку кількісного показника осколків існує необхідність впливу маси снаряда на ефективність дії, що визначається величиною приведеної площі ураження  $S_{II}$ , тому розглядається випадок фіксованої зовнішньої конфігурації (обводів) снаряда [13,14]. У свою чергу зменшення маси снаряда при фіксованих обводах призводить до збільшення маси заряду вибухової

речовини. Разом з тим при фіксованій масі осколків зменшується їх кількість, але збільшується початкова швидкість.

Існуюча система рівнянь, що описують осколкове поле в статичі і в динаміці, а також координатний закон ураження описано в [14]. Відповідно схема еквівалента бойового елемента має наступний вигляд (рис. 3).

З урахуванням фіксованої довжини осколкоутворювальної частини циліндра ( $l_{II} = const$ ,  $\lambda_{II} = l_{II} / d_0 = const$ ), маси заряду, осколкоутворювальної маси корпусу, кількість осколків лінійно залежить від маси снаряда і можливо розрахувати таким чином

$$n_{оск} = \frac{Q_{BE}(1 - \mu_D - \varpi)}{m} \cdot \eta_m, \quad (8)$$

де  $\eta_m$  – коефіцієнт виходу металу в осколки;

$\mu_D = M_D / Q_{BE}$ ,  $\varpi = C / Q_{BE}$  – безрозмірні величини.

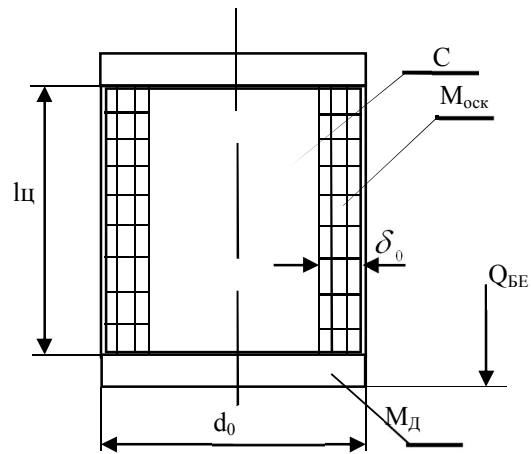


Рис. 3. Розрахункова конфігурація еквівалентного циліндра:

$d_0$  – калібр циліндра;  $l_{II}$  – довжина циліндра;

$\delta_0$  – товщина оболонки циліндра;  $Q_{II}$  – маса циліндра;

$C$  – маса заряду,  $M_D$  – маса корпусу, що бере участь в створенні корисних осколків;  $M_{оск}$  – маса осколка

Під час оцінки дій осколків на основі наряду з розрахунком пробивних еквівалентів об'єктів застосовується критеріальний підхід [14]. Згідно з даною концепцією ураження об'єкта здійснювалося під час досягнення деякої фізичної величини або комбінації параметрів ударника, що параметрично перевищує (дорівнює) емпіричні параметри цілі. Згідно з даним підходом використовується кінетична енергія осколка питома кінетична енергія, питомий імпульс.

**Критерії ураження живої сили.** Як правило, критеріальна оцінка використовується тоді, коли ураження неможливо привести до елементарного пробиття перешкоди. У випадку застосування РС із КБЧ по живій силі необхідно враховувати пробиття з подальшим ініціюванням ушкоджень.

Так, під час пробиття перешкоди осколками, що мають випадкову величину міделя  $S \in [S_{min}, S_{max}]$

в момент удару в перешкоду, балістичний діапазон суттєво збільшується. В свою чергу в реальних умовах навіть для тіл з постійною величиною міделя (стабілізоване тіло, кулька), внаслідок статистичного розкидання фізико-механічних характеристик перешкод імовірність пробивання являє собою зростаючу функцію швидкості.

Тому в діапазонах швидкостей, близьких до 200 м/с, для оцінки пробивних властивостей використовується критерій питомого імпульсу [14], критичне значення якого лінійно залежить від товщини перешкоди

$$i_{кр} = i_h h_{np}, \quad (8)$$

де  $h_{np}$  – товщина перешкоди, мм.

Але необхідно враховувати, що саме зв'язок швидкості осколка з його масою при фіксованих значеннях критерію, має такі особливості (табл. 3).

Таблиця 3

## Критерії ураження цілі

Критерій	Гранична умова	Критична швидкість	Зв'язок
Повна кінетична енергія	$\frac{mv^2}{2} = W_{кр}$	$v_{кр} = \sqrt{\frac{2W_{кр}}{m}}$	$mv^2 = const$
Питома енергія	$\frac{mv^2}{2\langle S \rangle} = E_{num}^{кр}$	$v_{кр} = \sqrt{\frac{2E_{num}^{кр}}{\xi_0 m^{1/3}}}$	$mv^6 = const$
Питомий імпульс	$\frac{mv}{\langle S \rangle} = i_{кр}$	$v_{кр} = \frac{i_{кр}}{\xi_0 m^{1/3}}$	$mv^3 = const$

Аналіз таблиці показує, що за відповідних параметричних характеристик саме величина питомого імпульсу дає можливість більш реально визначити швидкість осколка на траєкторії. А саме, просліджується прямий зв'язок між масою та параметрами швидкості в степені, величина якої менша за параметри, визначені через кінетичну енергію вибуху.

## Висновки

Отримано аналітичне співвідношення для визначення зони ураження бойовими елементами. Отримано аналітичне співвідношення для визначення кількості осколків залежно від маси еквівалентного циліндра, а також їх габаритно-вагових характеристик.

Показано, що для оцінки уражаючої дії бойових елементів доцільно застосовувати критерій питомого

## Критериальные подходы оценки поражающего действия осколков боевых элементов

Яковенко В.В.

Приведены результаты анализа влияния осколочного действия реактивных снарядов с касетной боевой частью на результат огневого поражения живой силы противника; определены основные критериальные подходы оценки поражающего действия осколками.

**Ключевые слова:** реактивные снаряды, осколочная боевая часть, боевые элементы, осколочное действие снарядов.

## Criterion approaches to estimation of striking effect of submunition fragments

V.V. Yakovenko

Results of analysis of influence of splinter action of jet-projectiles with submunition warhead on the outcome of opposing manpower fire engagement have been stated; main criterion approaches to estimation of striking action by fragments have been defined.

**Keywords:** jet-projectiles, splinter submunition warhead, submunition fragments, shell splinter effect.

імпульсу. А показники форми та фіксованої маси призводять до вибору оптимальних значень осколків снарядів.

## Список літератури

1. Яковенко В.В., Ханнолайнен В.Т., Зиркевич В.Н. Повышение огневых возможностей отечественной реактивной артиллерии // Артиллерийское и стрелковое вооружение / В.В. Яковенко, В.Т. Ханнолайнен, В.Н. Зиркевич. – 2007. – № 3. – С. 3-5.
2. Макаровец Н.В. Реактивные системы залпового огня XXI века // Военный парад. 2001. – январь-февраль. – С. 26-27.
3. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии. – М.: МО СССР, 1976. – С. 270-307.
4. Особенности планирования огневого поражения противника и применения вооружения и боеприпасов новых видов // По опыту боевых действий в Республике Афганистан. – М.: Воениздат, 1989. – 32 с.
5. Юсупджанов В.И. Оценка эффективности прикрывающих минных полей, устанавливаемых артиллерийскими средствами дистанционного минирования // Материалы XXVI ВНК ВВА / В.И. Юсупджанов. – Л.: ВВА. – 1988. – С. 239-241.
6. Кравець І. А., Яковенко В.В. Вплив осколкової дії касетних боеприпасів артилерії на ураження живої сили противника // Збірн. наук. пр. Труды академії. – К.: НАОУ, 2006. – № 4 (79) – С. 79-84.
7. Орленко Л.П. Физика взрыва / Л.П. Орленко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – С. 62–107.
8. Одинцов В.А. Конструкции осколочных боеприпасов. Ч. II. Артиллерийские снаряды / В.А. Одинцов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – С. 22-57.
9. Саркисян Р.С. Авиационные боеприпасы / Р.С. Саркисян. – М.: ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 1978. – С. 197-223.
10. Калистов А.А. Справочник артиллерийских боеприпасов, подлежащих утилизации и уничтожению / А.А. Калистов. – М.: Нова, 1992. – 240 с.
11. Одинцов В.А. Моделирование процессов фрагментации с помощью унификационных цилиндров / В.А. Одинцов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1991. – 247 с.
12. Теория стрельбы наземной артиллерии. – М.: МО СССР, 1989. – 96с.
13. Одинцов В.А. Основные направления развития боеприпасов полевой артиллерии и проблемы перехода на калибр 155 мм. – М.: Оборонная техника., 1991. – № 8 – 9. – С. 3-12.
14. Одинцов В.А. Конструкция осколочных боеприпасов Ч. II. Артиллерийские снаряды / В.А. Одинцов. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 176 с.