

УДК 621.868.27

*В. Т. Бажан, к. т. н., доцент, В. А. Зуденков;  
М. О. Санталов, І. В. Швець., (КНУБА, Київ)*

## **ЗМІННЕ РОБОЧЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ НА БАЗІ ЕКСКАВАТОРА ЭО – 5124**

*АННОТАЦІЯ. Проведено аналіз катастрофічних руйнувань будівель і споруд; визначені основні види робіт з ліквідації завалів і визволення потерпілих; виконаний патентний пошук по класу аварійно-рятувальної техніки; спроектовано багатоцільове робоче обладнання для аварійно-рятувальних робіт на базі екскаватора ЭО-5124.*

*Ключові слова: розбирання завалів, екскаватор, гідроманіпулятор, гідро молот, захват.*

*АННОТАЦИЯ. Проведен анализ катастрофических разрушений зданий и сооружений; определены основные виды работ по ликвидации завалов и освобождению потерпевших; выполнен патентный поиск по классу аварийно-спасательной техники; спроектировано многоцелевое рабочее оборудование для аварийно-спасательных работ на базе экскаватора ЭО-5124.*

*Ключевые слова: разборка завалов, экскаватор, гидроманипулятор, гидромолот, захват.*

*SUMMARY. The carried out analysis of catastrophic destructions of buildings and constructions; principal views of works on liquidation of blockages and clearing of victims are defined; you-polnen patent search in a class of rescue technics; the multi-target working equipment for a wrecking on the basis of dredge ЭО-5124 is designed.*

*Key words: dismantling of blockages, a dredge, the hydromanipulator, a hydrohammer, capture.*

---

### **Вступ**

Як показують оперативні зведення, Україна щорічно зазнає великої кількості всіляких аварій, природних і техногенних катастроф, в яких гинуть десятки людей. Наприклад, протягом 2009 року в Україні зареєстровано 130 надзвичайних ситуацій (далі — НС) техногенного характеру, що на 21,2 % менше порівняно з 2008 роком (165 НС), але середньорічний показник за період 1997–2010 рр. залишається практично незмінним [1]. Останнім часом дещо зменшилась кількість НС, пов'язаних із різноманітними пожежами та вибухами у промисловості, аваріями на транспорті, в електроенергетичних системах, але натомість збільшилася кількість НС, пов'язаних із раптовим руйнуванням будівель і споруд під час повенів, зсувів, вибухів побутового газу тощо. З урахуванням фізичного стану будівель, які потребують капітального ремонту, і надалі залишається потенційна загроза їхнього руйнування за надзвичайних ситуацій.

З метою чіткого розуміння проблеми доцільно навести результати аналізу наслідків руйнівних землетрусів силою 10 ... 12 балів, які показали, що протягом двох-чотирьох діб після землетрусу, люди, які знаходи-

лись під завалами ще живими, від отриманих ушкоджень, переохолодження, спраги тощо вмирили. А через п'ять-сім діб після землетрусу шансів виявити живих людей під завалами практично не було [2]. Тому існує необхідність у наявності парку спеціальної високопродуктивної аварійно-рятувальної техніки, яка б дозволяла максимально швидко проводити розбирання завалів [3, 4].

В результаті проведеного патентного пошуку за класу аварійно-рятувальної техніки у країнах СНД було виявлено дві аварійно-рятувальні машини, а саме: ИМР-2М (рис. 1) та УМРЗ-1, підпорядковані МНС Російської федерації.

Інженерна машина розгородження ИМР-2М — це морально застаріла машина на базі танка Т-72. Машина обладнана відвалом, який може працювати як грейдерний, та стрілою з восьмиметровим вильотом, на якій встановлено робочий орган грейферного типу. Такі машини використовувалися при ліквідації аварії на ЧАЕС. Практично вони можуть розбирати дрібнокускові нагромадження.

Універсальна машина розбирання завалів УМРЗ-1 є багатоцільовим рухомим засобом на колісній базі УРАЛ-4320, призна-

ченим для виконання технологічних операцій з розробки завалів у ході проведення аварійно-рятувальних робіт. Існують дві модифікації цієї машини: УМРЗ-1 та УМРЗ-2, які відрізняються масою (17 і 21 т відповідно) та радіусом дії робочого органа (7,2 та 16 м відповідно). Робоче обладнання з жорсткою підвіскою і гідромеханічним приводом розміщено на опорно-поворотній платформі і може комплектуватися змінними робочими органами: гідромолотом МГ-120 або гідравлічними ножицями типорозмірів НГ-213 (УМРЗ-1) та НГ-413; 713; 811 (УМРЗ-2) для руйнування бетонних конструкцій і різання арматури.

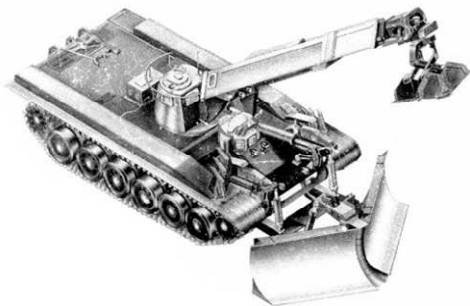


Рис. 1. Інженерна машина розгородження ИМР-2М

Основними недоліками машини УМРЗ є її невисока продуктивність та обмеженість функціональних можливостей. Звичайно ці машини використовують у комплексі з автокранами або маніпуляторами, а це значно понижує ефективність пошуково- та аварійно-рятувальних робіт.

Водночас огляд відповідних інформаційних джерел показав, що ситуація з технічними рятувальними засобами в Україні незадовільна. У розпорядженні аварійно-рятувальних служб знаходяться засоби малої механізації — звичайно, це комплект електроприводного аварійно-рятувального інструменту «Holmatro», в тому числі ножиці та розтискачі із зусиллям до 3 кН, прилади імпульсного пожежогасіння «IFEX», насоси і обладнання для водоподачі, комплекти пожежних рукавів тощо. Також до аварійно-рятувальних робіт можуть залучатися автокрани, навантажувачі, бульдозери, екскаватори, грейфери та інша будівельна техніка. Та за значних руйнувань і завалів цього обладнання недостат-

ньо для виконання специфічних аварійно-рятувальних робіт в умовах обмеженого простору і часу.

У подальшому патентний пошук проводився за класом однокішшевих екскаваторів на гусеничному ході, в результаті якого була визначена модель японської фірми Hitachi (Хітачі), а саме «дворукий» екскаватор ASTACO (Астако). На опорно-поворотній платформі екскаватора, зправа і зліва від кабіни оператора, розміщено дві стріли з жорсткою підвіскою і робочими органами: гідрозахватом і гідросколювачем-різальником (далі — гідрножицями) відповідно. Очевидно, що подібна машина, за умов її комплектування іншим швидкозмінним робочим обладнанням, здатна виконувати значно більший комплекс аварійно-рятувальних робіт, що особливо важливо для суттєвого підвищення її продуктивності в обмежених стиснених умовах.

З урахуванням вищезазначеного, «дворукий» екскаватор було прийнято в якості машини-аналога для подальшого виконання проектувальних робіт.

### Мета і завдання дослідження

Метою даних досліджень є розробка проекту багатоцільової високопродуктивної машини для аварійно-рятувальних робіт шляхом добору апробованих серійних механізмів і робочих органів та проектування перехідних модулів для їхнього інтегрування на базі однокішшевого універсального гусеничного екскаватора.

*Визначення основних видів робіт з ліквідації завалів та проектування багатоцільового робочого обладнання для аварійно-рятувальних робіт на базі екскаватора.*

Аналіз наслідків катастрофічних руйнувань будівель і систем життєзабезпечення дозволив поділити завали в населених пунктах на дві групи та три типи за рядом показників, таких як крупність окремих елементів, їхня маса, об'єм завалу тощо [4]. Найістотнішим при цьому є наявність у зоні завалу потерпілих або їхня відсутність (відповідно перша або друга група). Середні значення цих показників наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Типи завалів та рівень складності визволення потерпілих

Показник завалу	Тип завалу		
	простий	середній	складний
Крупність окремих елементів, м <sup>3</sup>	до 1	1..3	більше 3
Маса елементів, т	до 3	3..10	більше 10
Наявність зв'язків (арматури)	немає	є	є
Середня довжина осередків завалів, м	до 20	20..30	більше 30
Середня висота осередків завалів, м	до 1	1..1,5	більше 1,5
Об'єм завалу за шириною необхідного транспортного проходу (у середньому 4...5 м), м <sup>3</sup>	до 100	100..250	більше 250
Знаходження потерпілих в наземній (Н) чи підземній (П) частинах завалу	немає (2-а група)	Н, П (1-а група)	Н, П (1-а група)
Рівень складності визволення потерпілих: розбирання конструкцій (РК), розбирання і різання конструкцій (РПК), прокладання спеціальних проходів (ПП)	—	РК, РПК	РК, РПК, ПП

Виходячи з показників типів і груп завалів, можна визначити основний перелік і послідовність виконання аварійно-рятувальних робіт та вид відповідного робочого обладнання [2–6].

До першочергових належить віднести такі роботи:

1. Розчищення зони завалу від уламків і нагромаджень конструкцій для підходу до місць можливого знаходження людей (доцільні робочі органи: крюкова підвіска; гідро захоплювач; гідроножиці; дискова пила; ківш екскаватора).

2. Визволення потерпілих з-під завалів, осипів, защемлень. При неможливості швидкого виконання вказаних робіт потрібно забезпечити для потерпілих підведення повітря та постачання води, їжі, ліків, одягу (доцільні робочі органи, окрім названих вище: гідромолот; колонковий бур з коронкою, армованою алмазними сегментами).

До подальших робіт слід віднести такі:

3. Розчищення зони завалу від уламків і нагромаджень конструкцій та створення в ній транспортних проходів (доцільні робочі органи за п. 1).

4. Руйнування нестійких конструкцій (робочі органи: крюкова підвіска; гідро захоплювач; гідроножиці; дискова пила).

5. Очищення території і складування

відходів (ківшеві та відвальні будівельні машини, різноманітні навантажувачі).

Ліквідація завалів звичайно виконується за такими двома основними технологічними варіантами [2]:

– способом часткового або повного розбирання завалу зверху або в напрямі виявлення потерпілих;

– способом відривання приямка з боку зовнішньої стіни будівлі і наступним пробиванням чи бурінням лазу.

Під час виконання робіт за першим варіантом звичайно витягують та переміщують самохідним краном за периметр завалу обломки будівельних конструкцій, які перешкоджають проникненню до потерпілих. При цьому елементи завалу захоплюють крюками за металічні петлі, арматуру, а при їх відсутності – за допомогою стропів, що суттєво збільшує час розбирання завалу та чисельність задіяних рятувальників. Одночасно виконується перерізання арматури автогеном або електроприводними ножицями. За відсутності фронту робіт рятувальники звичайно виносять за периметр завалу уламки невеликих розмірів і звільняють транспортний прохід, але в такому разі втрачається час і зменшується можливість порятунку потерпілих.

Водночас, при наявності «дворукого» гусеничного екскаватора, обладнаного, наприклад, гідро захоплювач і дисковою пи-

лою або гідро захоплювачем і гідроножницями (рис. 2 а, б), вищеописані роботи можна виконати значно швидше. За необхідності, на рукояті екскаватора, поряд із гідро захоплювачем, можна навісити крюкову підвіску. Нарешті, такий екскаватор здатний прокласти собі шлях до передбачуваного місця знаходження потерпілих значно швидше, ніж при звільненні транспортного проходу зусиллями рятувальників за наявності будь-якого самохідного крана.

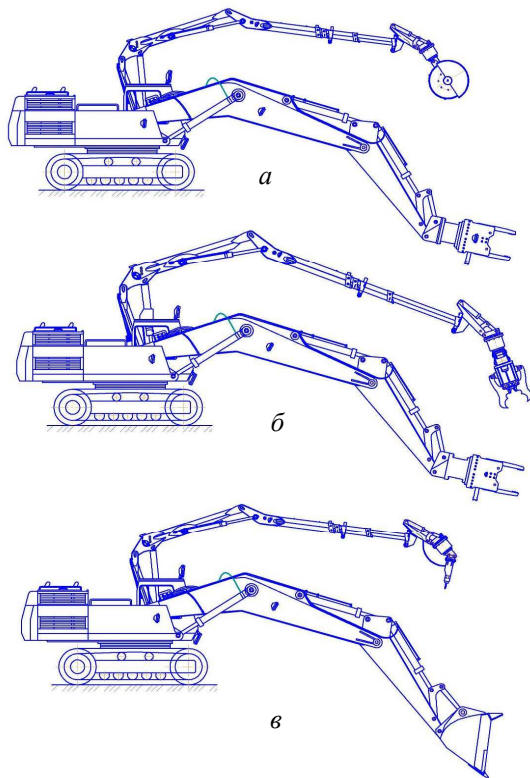


Рис. 2. Екскаватор ЭО-5124 з гідроманіпулятором ОМТЛ-120-01 у якості допоміжної стріли, обладнаний змінними робочими органами:  
а — гідро захоплювачем і дисковою пилою;  
б — гідро захоплювачем і гідроножницями;  
в — ковшем і гідромолотом

Для виконання робіт за другим варіантом «дворукий» екскаватор доцільно обладнати його ж ковшем для відривання прямка і гідромолотом чи колонковим буром з коронкою TYROLIT, армованою алмазними сегментами і здатною утворювати свердловини діаметром до 0,45 м включно в кам'яних та залізобетонних конструкціях (рис. 2 в).

Розробка багатоцільового змінного робочого обладнання для аварійно-рятувальних робіт включала пошук апробова-

них механізмів та проектування нових робочих органів і перехідних модулів для їхнього інтегрування на базовій машині.

За базову машину було прийнято однокішневий універсальний екскаватор ЭО-5124 (5-а розмірна група, на гусеничному ході, з жорсткою підвіскою робочого обладнання, четверта модель). Виготовлювач — Воронежський екскаваторний завод ВАТ «Тяжэкс», Росія. Екскаватор цієї моделі комплектується ковшами прямого і зворотного копання та шнековим буром. Номінальна потужність двигуна — 125 кВт. Ємність основного ковша — 1,25 м<sup>3</sup>. Зусилля на зубах ковша — 185 кН. Тиск у гідросистемі — 25 МПа. Експлуатаційна маса екскаватора — 37 т. Найбільший радіус копання прямою лопатою — 8,93 м, зворотною — 10,7 м. Найбільша глибина копання прямою лопатою нижче рівня стоянки становить 4,13 м, зворотною — 7,3 м.

У якості допоміжної стріли вибрано серійний гідроманіпулятор ОМЛТ-120-01. Завод-виготовлювач: ООО «Велмаш-С».

Гідроманіпулятор ОМЛТ-120-01 (рис. 3) має рукоять з подвійним подовжувачем, Z-подібну поперечну схему складання і, звичайно, встановлюється за кабіною або на задній частині вантажної платформи автомобілів Урал, КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, а також використовується у складі спеціальних машин. Може також комплектуватися захоплювачем і грейферним ковшем. Технічна характеристика гідроманіпулятора: вантажний момент — 120 кНм; найбільший виліт стріли — 8,5 м; кут повороту колони — 400 град; маса маніпулятора (без маси захоплювача з ротатором) — 2500 кг; стандартний робочий орган (двощелепний захоплювач) — Т-505; маса робочого органа — 310 кг.

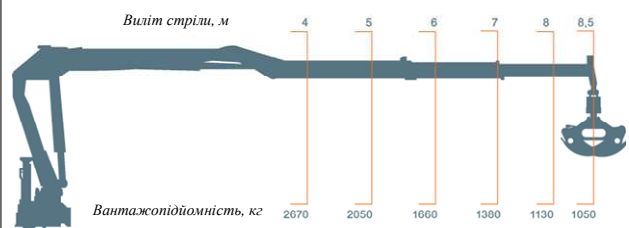


Рис. 3. Схема вантажопідйомності гідроманіпулятора ОМЛТ-120-01 з урахуванням маси ротатора та грейфера

Додатково до захоплювача і грейферного ковша на телескопічній стрілі гідроманіпулятора передбачено установку змінного робочого органа — гідрсколювача-різальника (рис. 2, б). Згідно з вантажопідйомністю гідроманіпулятора та номінальним тиском в гідросистемі екскаватора ЭО-5124, в якості основного гідрсколювача-різальника вибраний мультипроцесор Delta C-500, який поставляється компанією ООО «Традиция-К» (рис. 4).

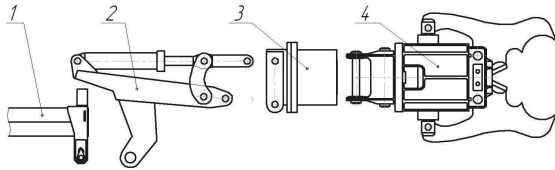


Рис 4. Схема компонентування гідрсколювача на стрілі гідроманіпулятора:

- 1 — оголовок стріли гідроманіпулятора;
- 2 — універсальний перехідний модуль;
- 3 — поворотний механізм;
- 4 — гідрсколювач-різальник

Технічна характеристика гідрсколювача Delta C-500: маса — 400 кг; максимальне розкриття щелеп — 530 мм; максимальна ріжуча сила — 990 кН; максимальна руйнуюча сила — 480 кН; робочий тиск — 21 МПа.

Для приєднання гідрсколювача до стріли гідроманіпулятора і надання йому додаткових можливостей обертання у вертикальній площині та відносно власної осі спроектовано універсальний перехідний модуль 2 та поворотний механізм 3 з шибеним поворотним гідромотором (рис. 4). При цьому ступінь рухомості гідроманіпулятора з гідрножицями  $W = 6$ . Поворотний гідромотор серії ДПГ Єлецького заводу «Гідропривод» (Росія) має такі параметри: максимальний кут повороту —  $270^\circ$ ; номінальний тиск — 16 (20) МПа; номінальний крутний момент — 1,25 кНм.

Універсальний перехідний модуль дозволяє також іншим змінним робочим органам, наприклад, дисковій пилі чи гідромолоту, отримати додатково два ступеня вільності, що забезпечує оптимальну орієнтацію інструмента відносно елементів завалу і, як результат, максимальну ефективність виконання комплексних пошуково- та аварійно-рятувальних робіт (рис. 2).

Для установлення гідроманіпулятора на платформі екскаватора розраховано і спроектовано монтажну площадку та болтове з'єднання площадки з рамою платформи. Відповідно до приєднувальних розмірів та конструктивного виконання маніпулятора ОМТЛ-120-01 форма перехідної площадки має вигляд, зображений на рис. 5. Матеріал площадки: сталь 50Л ГОСТ 977-88. Міцність відливки після нормалізації:  $\sigma_{вр} = 660$  МПа;  $\sigma_{т} = 390$  МПа. Кількість болтів у з'єднанні — 46. Типорозмір болтів: М 24 —  $6g \times 100$  ГОСТ 7798-70. Матеріал болтів — сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

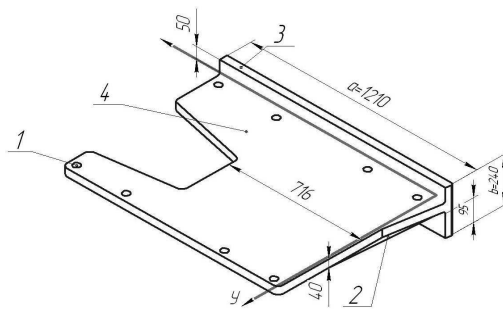


Рис. 5. Загальний вигляд монтажної площадки: 1 — отвори для кріплення гідроманіпулятора (8 шт); 2 — ребра жорсткості; 3 — стикове ребро з отворами під болтове з'єднання; 4 — опорна плита

Для різання масивних бетонних конструкцій без арматурних зв'язків, або кам'яних матеріалів з міцністю на одноосний стиск до  $\sigma_{ст} = 180$  МПа, на гідроманіпуляторі, через універсальний перехідний модуль, передбачено установку дискової пили діаметром 1100 мм зі штучними алмазними різальними кромками різців, які дозволяють розвивати робочі швидкості різання до 60...80 м/с без підведення охолоджувальної рідини [4]. Для привода дискової пили установлений регульований високомоментний гідромотор ГРВ-600. Технічна характеристика гідромотора: номінальний крутний момент — 1,7 кНм; частота обертання — 15...455 об/хв; номінальна потужність — 34,9 кВт; номінальний робочий об'єм —  $565 \text{ см}^3$ ; тиск на вході — 16...25 МПа.

Згідно з розрахунками, для різання, наприклад, такою пилою бетону з міцністю  $\sigma_{ст} = 120$  МПа, шириною і глибиною пропилу відповідно 10 і 400 мм, швидкістю

подачі на різці 1 м/хв і частотою обертання пили 400 об/хв, потужність різання дорівнюватиме 14 кВт [7].

З метою руйнування бетонних і залізобетонних конструкцій чи пробивання лазів до місця знаходження потерпілих, на гідроманіпуляторі, через універсальний перехідний модуль, передбачено установку гідромолота закритого типу легкої типорозмірної групи моделі Delta FINE-4 (Південна Корея). Технічна характеристика гідромолота: енергія удару — 480 Дж; частота ударів — 550...1200 хв<sup>-1</sup>; робочий тиск — 9...12 МПа; витрата масла — 20...50 л/хв.; робоча довжина інструмента — 345 мм; діаметр інструмента — 55 мм; довжина гідромолота — 1306 мм; маса — 160 кг.

У проекті також розраховано і спроектовано основний гідрозахоплювач для великокускових елементів завалу масою до 1000 кг і перехідний модуль для його приєднання до рукояті екскаватора з додатковою можливістю обертання навколо власної осі за допомогою шибєрного поворотного гідромотора серії ДПГ (див. рис. 2 а, б). При цьому, з урахуванням конструкції робочого обладнання базового екскаватора, ступінь рухомості захвата  $W = 5$ , що практично забезпечує йому необхідну орієнтацію відносно хаотично нагромаджених елементів завалу.

Для ліквідації особливо складних завалів на рукояті екскаватора, через вказаний перехідний модуль, можна установити гідромолот середньої типорозмірної групи моделі Delta FINE-45 масою 3280 кг. Енергія удару такого гідромолота — 9970 Дж, що набагато більше, ніж у змінного гідромолота Delta-4, встановлюваного на стрілі гідроманіпулятора.

#### Висновки

Ознайомлення з оперативними і статистичними довідками МНС України, літературою у галузі дослідження та патентними матеріалами дозволило сформулювати такі основні висновки:

– створення надійних, високопродуктивних машин для аварійно-рятувальних робіт є актуальною і невідкладною задачею;

– техніка для аварійно-рятувальних і спеціальних робіт повинна базуватись на

потужних базових машинах і відзначатись високою ефективністю, маневреністю та застосуванням електронних і радіотехнічних приладів дистанційного керування і контролю;

– на сучасному етапі для виконання комплексних пошуково- та аварійно-рятувальних робіт доцільно і економічно вигідно комплектувати серійні однокішшеві гусеничні екскаватори відповідним високо-ефективним, надійним і швидкозмінним робочим обладнанням провідних виготовлювачів.

#### Література

1. Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (<http://www.mns.gov.ua>).
2. *Одинцов Л. Г.* Технология и технические средства ведения поисково-спасательных и аварийно-спасательных работ: справочное пособие / Л. Г. Одинцов, В. В. Парамонов — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. — 232 с.
3. *Хмара Л. А.* Використання будівельної техніки для виконання рятувальних та відновлювальних робіт при ліквідації наслідків стихійних лих та аварій / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Будівництво України. — 2008. — № 5 — С. 34...39.
4. *Баладинський В. Л.* Будівельна техніка: [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / Баладинський В. Л., Назаренко І. І., Оніщенко О. Г. — К.: Полтава: КНУБА — ПНТУ, 2002 — 463 с.
5. *Хмара Л. А.* Технология ведения спасательных работ землеройно-манипуляторным оборудованием многоцелевого назначения / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. — 2008. — № 71. — С. 24...29.
6. *Хмара Л. А.* Технология і організація розбирання завалів зруйнованих будівель та споруд / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. — 2010. — № 76. — С. 83...93.
7. *Ветров Ю. А.* Машины для специальных земляных работ: [учеб. пособие для вузов] / Ю. А. Ветров, В. Л. Баладинский. — К.: Вища школа, 1980. — 192 с.

Рецензент: А. В. Фомін, к. т. н., проф. (КНУБА)

Отримано: 28.09.2011 р.