



ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КООРДИНАЦИИ В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ, ПРИВЛЕКАЕМЫМИ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 004.9

ЛЯШЕНКО Елена Николаевна

к.т.н., доцент кафедры Информационных технологий Херсонского национального технического университета.

Научные интересы: методы и модели координации в многоуровневых иерархических системах, мультиагентные системы.

e-mail: lyashenko.olena@kntu.net.ua

КОВАЛЕНКО Виктор Федорович

д.ф.-м.н, профессор кафедры информационно-измерительных технологий электроники и инженерии Херсонского национального технического университета.

Научные интересы: системы поддержки принятия решений.

e-mail: kovalenko.viktor@kntu.net.ua

КИРИЙЧУК Дмитрий Леонидович

к.т.н., доцент кафедры Информационных технологий Херсонского национального технического университета.

Научные интересы: современные информационные технологии координации в больших и сложных системах.

e-mail: kyryychuk.dmytro@kntu.net.ua

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Ежегодно в Украине возникает от 100 до 400 чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного класса, которые приводят к гибели людей и наносят значительные материальные убытки.

Согласно [1], ЧС – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Классификация ЧС на территории Украины осуществляется в соответствии с [2, 3]. Так, по характеру происхождения выделяют следующие классы ЧС: техногенного характера, природного характера, социального характера и военного характера.

В зависимости от объемов причиненных ЧС последствий, количества пострадавших и погибших, объемов технических и материальных ресурсов, необходимых для ликвидации их последствий, определяют следующие уровни чрезвычайных ситуаций: государственный, региональный, местный и объектовый [2].

По данным Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС) [4] в течение первого полугодия 2015 года в Украине зарегистрировано 55 ЧС, которые в соответствии с [2] разделились на ЧС: техногенного характера – 32; природного характера – 18; социального характера – 5.

Вследствие этих ЧС погибло 136 человек (из них 13 детей) и 431 – пострадали (из них 194 ребенка). По масштабам ЧС разделились на ЧС: государственного уровня – 1; регионального уровня – 3; местного уровня – 26; объектового уровня – 25 [4].

В региональном разрезе наибольшее количество ЧС в течение первого полугодия 2015 года зафиксировано в Киевской (6 ЧС), Донецкой (5 ЧС) и Тернопольской областях (4 ЧС). В Ивано-Франковской и Харьковской областях произошло 3 ЧС, в Винницкой, Днепропетровской, Закарпатской, Запорожской, Львовской, Никола-

евской, Одесской, Сумской, Херсонской, Хмельницкой, Черкасской, Черновицкой областях и г. Киеве зарегистрировано по 2 ЧС. Не зарегистрированы ЧС на территории Волынской и Ровенской областей, в остальных областях Украины произошло по 1 ЧС (рис. 1) [4, 5].

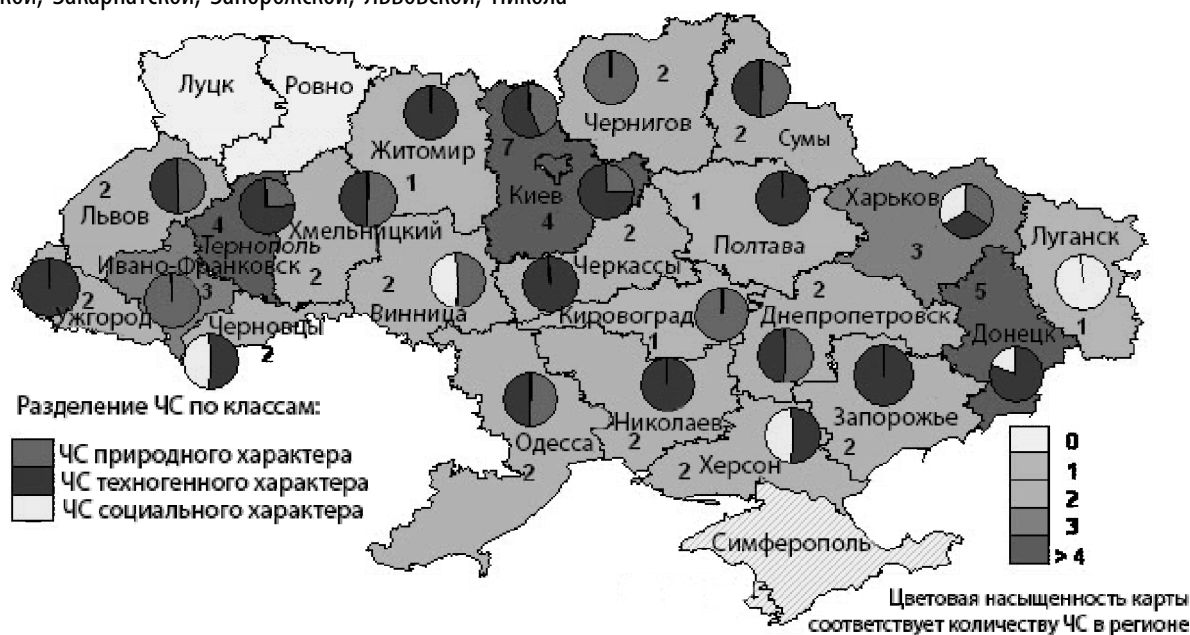


Рисунок 1 – Карта ЧС Украины

Возможность возникновения ЧС техногенного и природного характера ставит задачи их предотвращения и ликвидации последствий, для чего требуется четкая координация действий различных органов управления, интеграция сил, средств и материальных ресурсов для проведения поисковых, аварийно-спасательных и других видов работ. Деятельность соответствующих органов управления по предотвращению и ликвидации последствий ЧС предполагает планирование мероприятий, включающее распределение имеющихся в распоряжении ресурсов, сил и средств.

Влияние факторов различной природы приводят к необходимости последующей корректировки выполняемых планов. Чем выше сложность и масштаб ЧС, тем труднее обеспечивать скоординированную работу подразделений, привлекаемых для ликвидации ЧС. А дефицит времени на принятие решений, складывающийся в условиях ЧС усугубляет проблему координации, которая становится трудноразрешимой.

Таким образом, развитие теоретического базиса координации объектов в условиях дефицита времени является важной и актуальной научной проблемой.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

В классической работе [6] на основе теоретико-множественной концепции рассмотрены задачи координации в двухуровневых системах на примере технологических и организационно-технических процессов, и возможность распространения полученных результатов на многоуровневые системы. В [7] представлен подход к решению задач координации как локально-оптимизационных задач элементов многоуровневой иерархической системы и предложены итеративные и безитеративные алгоритмы координации для промышленных систем. В [8] на основе [6] предложены алгоритмы координации, основанные на нечетких множествах. В [9] рассматривались вопросы координации в условиях неопределенности для сложных производственных систем.

Предложенные в [6-10] модели и методы координации узкоспецифичны, и в условиях неопределенности информации для решения задачи координации требуют наличия адекватных математических моделей подсистем (координация системы управления) либо постановки оптимизационной задачи (координация решения задач) [10, 11]. В то же время, в ЧС возникает слабоструктурированная сложная динамическая система с многоуровневой иерархией, объекты которой функционируют в соответствии с планами и целенаправленно управляются ЛПР. В условиях дефицита времени принятие решений ЛПР зачастую нерационально, а под влиянием факторов неопределенности не может быть формализовано; соответственно, формальные модели систем указанного класса синтезировать невозможно, а модель предметной области, как правило, неполна и недостоверна. Таким образом, использование существующих подходов для построения моделей и механиз-

мов координации при управлении объектами в ЧС не представляется возможным.

Цель статьи. Целью данной работы является формирование и обоснование научных подходов к решению задачи координации объектов в иерархических системах в условиях дефицита времени, для чего необходимо разработать механизмы и инструменты, обеспечивающие согласование и синхронизацию целей, планов, действий органов управления различного уровня иерархии и их интеграцию для осуществления эффективного координационного управления.

СТРУКТУРА ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧС

На рис. 2. приведена структура иерархической системы (ИС) управления в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций [5].

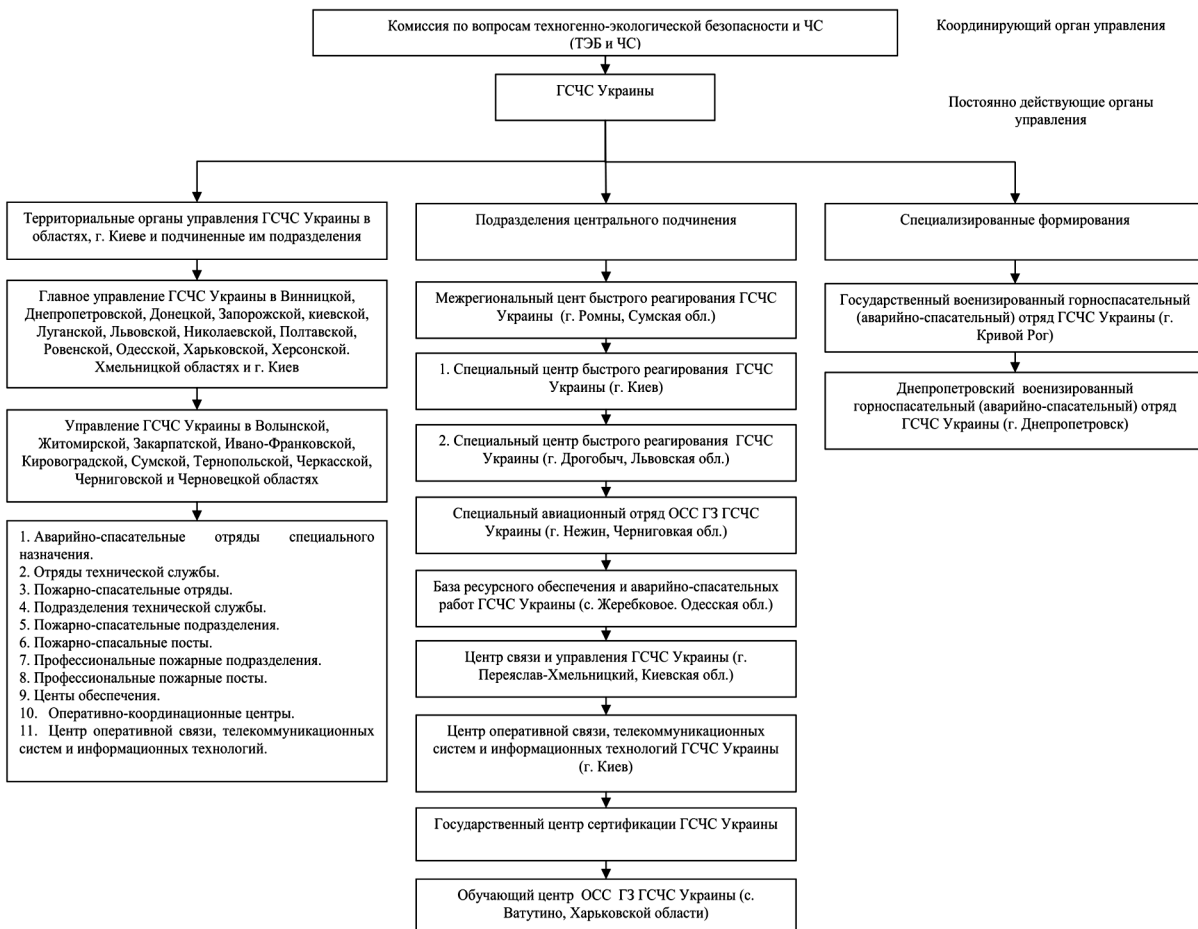


Рисунок 2 – Структура иерархической системы управления

Согласно рис. 2, координирующим органом управления в условиях возникновения ЧС является Комиссия по вопросам техногенно-экологической безопасности и ЧС (ТЭБ и ЧС) [1].

Основными задачами комиссии являются: координация деятельности различных служб и организаций, привлекаемых для ликвидации ЧС, а также руководство проведением работ по ликвидации последствий ЧС.

В режиме повседневной деятельности комиссия координирует деятельность соответствующих органов исполнительной власти по вопросам разработки и выполнения целевых и научно-технических программ и мер по предотвращению ЧС.

В режиме повышенной готовности комиссия: принимает меры по активизации наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды, ходом эпидемий инфекционных заболеваний и вспышек инфекционных заболеваний, ситуацией на потенциально опасных объектах и прилегающих к ним территорий, организует разработку комплексных мер по защите населения и территорий от ЧС; обеспечивает координацию мероприятий по предотвращению возникновения ЧС.

В режиме деятельности в ЧС комиссия привлекает к выполнению работ по ликвидации последствий ЧС необходимые спасательные, транспортные, строительные, медицинские и другие формирования, используя имеющиеся материально-технические, продовольственные и другие ресурсы и запасы; определяет границы территории, на которой возникла ЧС, и определяет размеры ущерба, причиненного субъектам хозяйственной деятельности и населению в результате ЧС; организует постоянный контроль за состоянием окружающей среды на налюдаемой территории [1].

Постоянно действующими органами управления в условиях возникновения ЧС являются подразделения и различные формирования ГСЧС Украины.

Так, ГСЧС Украины имеет в своем подчинении аварийно-спасательные формирования быстрого реагирования (центрального подчинения), в том числе и авиацию; аварийно-спасательные отряды специального назначения и государственные пожарно-спасательные подразделения до района включительно (территориального подчинения) [5, 1].

Кроме того, все подразделения ГСЧС Украины в зависимости от назначения можно разделить на: подраз-

деления предназначенные для тушения пожаров и формирования (отряды, центры) предназначенные для ликвидации последствий ЧС различного класса и уровня. В свою очередь, в их составе функционируют: спасательные подразделения (проведение всех видов спасательных работ); инженерные подразделения (инженерная разведка очагов поражения); подразделения радиационной и химической защиты (радиационная и химическая разведка); пиротехнические подразделения (выявление и уничтожение боеприпасов); пожарные подразделения (тушение пожаров); подразделения водоснабжения (разведка источников воды); подразделения связи (обеспечение коммуникации между подразделениями при ликвидации последствий ЧС); подразделения материального обеспечения (расчет потребности всех подразделений ГСЧС Украины в специальном оборудовании, топливе, средствах защиты и т.п.) [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим вопросы координации в ИС, образующихся органами управления в процессе совместной целенаправленной деятельности, при этом нижележащие органы являются для вышестоящего органа объектами управления [12, 13, 15].

Пусть имеется ИС Θ с n уровнями иерархии управления.

Зададим множество объектов:

$$A = \{A_{ij}\}, \quad (1)$$

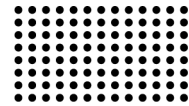
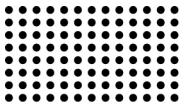
где i — уровень управления, $i \in [1..n]$, содержащий m_i объектов; j — индекс конкретного объекта уровня i , $j \in [1..m_i]$.

Построим иерархию Y в виде тройки:

$$Y = \langle \perp, A, \prec \rangle, \quad (2)$$

где A — множество объектов иерархии; \prec — отношение нестрогого порядка, заданное над A ; \perp — наименьший элемент для \prec .

Отношение порядка \prec является отношением подчиненности: $A_{ij} \prec A_{kl}$ означает, что орган управления A_{ij} подчинен органу управления A_{kl} . Соответственно, A_{ij} является управляемым объектом, а A_{kl} — управ-



ляющим объектом, формирующим для A_{ij} (и других подчиненных объектов) управляющие воздействия.

В рамках ИС функция управления всяким объектом A_{ij} реализуется человеком-ЛПР, который целеустремленно (путем постановки цели, определения задач и выбора средств и ресурсов для их реализации) осуществляет принятие решений.

Соответственно, ЛПР каждого из объектов A_{ij} принимает решения в соответствии с имеющейся установкой $Z_{ij} = \langle G_{ij}, Q_{ij}, R_{ij} \rangle$, включающей цели G_{ij} , критерии Q_{ij} и ограничения R_{ij} (например, на множестве доступных ресурсов либо по времени). Выполнение принятых ЛПР A_{ij} решений предполагает реализацию некоторой последовательности управляющих воздействий $[u_{ij1}, \dots, u_{ijl}]$, представляющей собой план P_{ij} (программу, процедуру, алгоритм) достижения цели G_{ij} , оптимальный с точки зрения субъективных установок Z_{ij} и выражающих процесс активности объекта A_{ij} в некотором пространстве активности, определяемом ИС; при этом управляющее воздействие u_{ijk} можно рассматривать как множество одновременно (в момент времени t_k) выполняемых действий $\{a_{1k}, \dots, a_{mk}\}$, каждое из которых изменяет определенный параметр состояния объекта.

По типу управления принято различать:

— ИС с гибким управлением, в которых управляющий объект устанавливает управляемому объекту A_{ij} цель G_{ij} , а план ее достижения P_{ij} формируется управляемым объектом самостоятельно;

— ИС со строгим управлением, в которых управляющий объект устанавливает каждому управляемому объекту A_{ij} план P_{ij} достижения цели G_{ij} , причем управляемый объект A_{ij} не может изменять P_{ij} ;

— ИС с нестрогим управлением, в которых управляющий объект устанавливает управляемому объекту A_{ij} план P_{ij} достижения цели G_{ij} , но управляемый объект может его корректировать, сохраняя неизменной установленную цель G_{ij} .

По характеру взаимодействия и поведения объектов ИС могут быть классифицированы следующим образом:

— на ИС с автономным поведением объектов (первого рода), где ЛПР самостоятельно (автономно и асинхронно) решают задачи управления объектами $A_{ij} \in A$ в пределах своих установок Z_{ij} ;

— на ИС с координированным поведением объектов (второго рода), в которых ЛПР согласовывают свою активность во времени (синхронизация) и/или в пространстве активности (путем упорядочения, придающего взаимодействию определенную организованность);

— на ИС с кооперативным поведением (третьего рода), где ЛПР объектов $A_{ij} \in A$ совместно пытаются достичь некоторой общей цели $G_{(i+1)k}$, установленной объектом согласовывая свои установки Z_{ij} по целям G_{ij} , критериям Q_{ij} и ограничениям R_{ij} .

Процесс кооперативного взаимодействия предполагает наличие плана совместного достижения поставленной цели и координацию усилий по его выполнению.

В ИС первого рода каждый из ЛПР A_{ij} решает задачу управления собственным объектом безотносительно цели самой ИС. В ИС второго рода присутствует неявный или явный координатор, называемый нормативным регулятором (НР), осуществляющий регулирование активности объектов и ответственный за распределение активности во времени (т.е. планирование).

Неформальная координация строится на общих установках и стереотипах активности, требующих совместного согласованного взаимодействия и может рассматриваться как задача кооперативного принятия решений.

При формальной координации задается конечное множество правил и процедур, регулирующих процесс взаимодействия.

Формальная неявная координация предполагает взаимодействие объектов с НР в формате «запрос»-«ответ» по собственной инициативе объектов (рис. 2).

Формальная явная координация предполагает прямые нормативные воздействия НР на объекты (с инициативой НР).

Координация может быть сосредоточенной, если НР содержится в управляющем объекте, и разнесенной, если существует самостоятельный, независимый от управляющих объектов НР.

Нормативный регулятор (НР) оказывает на взаимодействующие объекты $A_{ij} \in A$ координирующие воздействия $c_z : P_{ij} \rightarrow P'_{ij}$, устанавливая на основе наблюдаемых параметров состояния ИС отношения частичного порядка во времени и пространстве между элементами их активности (действиями a_{ijk}), определяя тем самым их взаимные обязанности, приоритет и после-

довательность действий и, соответственно, корректируя их планы.

ВЫВОДЫ

Проведен анализ работ в области теории координации. Обоснована актуальность разработки моделей, которые позволят решить задачу координации в иерархических системах.

Предложена структура иерархической системы управления в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций, выделены уровни управления системы.

Приведена формальная постановка задачи координации в рассматриваемой системе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kodeks civil'nogo zahistu Ukraïni vid 02.10.2012 №5403-VI //Oficijnij visnik Ukraïni. – 2012. – №89. – St.3589.
2. Nacional'nij klasifikator «Klasifikator nadzvichajnih situacij» DK 019:2010: nadano chinosti nakazom Derzhspozhivstandartu Ukraïni vid 11.10.2010 № 457 [chinnij vid 01.01.2011]. – K.: Derzhspozhivstandart Ukraïni. – 2010. – 19 s.
3. Pro zatverdzhennja Porjadku klasifikacij nadzvichajnih situacij tehnogenogo ta prirodного karakteru za ih rivnjami: postanova Kabineta Ministriv Ukraïni №368 vid 24.03.2004 r. // Oficijnij visnik Ukraïni, 2014 r., N 12, st.740.
4. Informacijno-analitchna dovidka pro viniknennja NS v Ukraïni protjagom I pivrichchja 2015 roku [Elektronnij resurs] //rezhim dostupu: <http://www.mns.gov.ua/opinfo/8262.html>
5. Oficijnij sajt Derzhavnoi sluzhbi Ukraïni z nadzvichajnih situacij [Elektronnij resurs] //rezhim dostupu: <http://www.mns.gov.ua>
6. Mesarovich M. Teorija ierarhicheskikh mnogourovnevnyh sistem /M. Mesarovich, D. Mako, I. Takahara. – M.: Mir, 1973. – 344 s.
7. Aliev R.A. Metody i algoritmy koordinacii v promyshlennyh sistemah upravlenija /R.A. Aliev, M.I. Liberzon. – M.: Radio i svjaz', 1987. – 208 s.
8. Altunin A.E. Modeli i algoritmy prinjatija reshenij v nechetkih uslovijah /A.E. Altunin. – Tjumen': Izd-vo Tjumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2000. – 352 s.
9. Khodakov V.E. O razvitii osnov teorii koordinacii slozhnyh sistem /V.E. Khodakov, N.A. Sokolova, D.L. Kirijchuk //Problemy informacionnyh tehnologij. – 2014. – №2 (016). – S.25-30.
10. Pljuta N.V. Aktual'ni naprjamki rozvitku matematichnoi teorii koordinacii v skladnih ierarhichnih sistemah /N.V. Pljuta, S.I. Gomenjuk //Visnik Zaporiz'kogo nacional'nogo universitetu: serija Fiziko-matematichni nauki. – 2010. – Vip. 1. – S.104-109.
11. Katrenko A.V. Mehanizmi koordinacii u skladnih ierarhichnih sistemah /A.V. Katrenko, I.V. Savka //Visnik Nacional'nogo universitetu «L'vivs'ka politehnika»: serija Informacijni sistemi ta mrezi. – 2008. – S.156-166.
12. Sherstjuk V.G. Postanovka zadachi koordinacii dejstvij v ierarhicheskikh sistemah upravlenija /V.G. Sherstjuk, E.N. Ljashenko, D.L. Kirijchuk //Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tehničeskogo universiteta. – 2015. – №3 (54). – S.308-312.
13. Ljashenko E.N. Razrobotka modeli koordinacii sil i sredstv v ierarhicheskij sisteme grazhdanskoj zashhity naselenija /E.N. Ljashenko, V.G. Sherstjuk //Tehnologičeskij audit i rezervy proizvodstva. – 2015. – №4/2 (24). – S.4-10.
14. Ljashenko E.N. Postanovka zadachi koordinacii v sisteme grazhdanskoj zashhity naselenija ot chrezvyčajnyh situacij regional'nogo urovnja upravlenija /Ljashenko E.N., Kirijchuk D.L. //Naukovij visnik Hersons'koï derzhavnoi mors'koï akademii. – 2015. – №1 (12). – S.270-276.
15. Sherstjuk V.G. Scenarno-precedentnoe upravlenie jergaticheskimi dinamičeskimi ob#ektami /V.G. Sherstjuk. – Saarbrucken, Deutschland: Lambert Academic Publishing, 2013. – 407 p.

Рецензент: *д.т.н., проф. Ходаков В.Е.,
Херсонский национальный технический университет.*