

А.В. ГРАБОВСКИЙ, аспирант каф. ТММиСАПР, НТУ “ХПИ”

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ИНЕРЦИОННЫХ МАШИН И ИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ РАБОТЫ

Представлений анализ існуючих конструктивних схем інерційних машин, що використовуються в ливарному виробництві, гірській промисловості, при транспортуванні вантажів і вібраційній обробці. Проведений аналіз патентної, технічної літератури і авторських свідоцтв досліджуваних класів конструкцій.

The analysis of existent construction charts of inertia machines, utilized in a casting production, mining industry, at the portage of loads and oscillation treatment is presented. The analysis of patent, technical literature and copyright certificates of the probed classes of constructions is conducted.

Состояние вопроса. Инерционные машины получили большое распространение в промышленности, они находят свое применение в литейном производстве [1], при выбивке отливок из песчано-глинистого кома, в горной промышленности [2], при дроблении и разделении породы, обработке деталей в вибрирующих контейнерах [3, 4], транспортировании грузов, деталей и других областях.

В технической литературе приведено множество конструкций инерционных машин, основанных на различных принципах работы.

Например, работа инерционных машин в литейном производстве бывает основана на переменном магнитном поле [5], либо, в случае извлечения отливок из кома, на ультразвуковом воздействии. В некоторых источниках можно встретить конструкции для выбивки отливок в виде вращающегося барабана [6]. Конструкции аналогичного принципа применяются для обработки деталей после штамповки, например, снятие заусенцев [3]. Некоторые способы выбивки литейных форм [7] предусматривают помещение формы в герметичную камеру и создание в ней декомпрессии до остаточного давления 100-300 ГПа. Разработан также процесс вакуумного прошивания сырых песчаноглинистых форм при одностороннем вакуумировании формы, приводятся технологические и конструктивные параметры процесса. В патентном решении [8] формовочную смесь с отливкой выбивают из опок ударной воздушной или газовой волной с помощью импульсной головки. В литературе также встречаются конструкции инерционных машин, основанные на других принципах работы, в том числе дробетные и установки выбивки выдавливанием [9].

Обзор существующих инерционных машин. Несмотря на многообразие разработанных способов выбивки литья, обработки деталей, разделения и дробления горной породы, до настоящего времени механические эксцентриковые и инерционные машины являются наиболее распространенным видом оборудования, так как у них относительно простая конструкция.

Инерционные машины, применяемые в промышленности, могут отли-

ваться по компоновке (рис. 1) [10], в зависимости от местных условий планировки, например, типом вибровозбудителя, местом его установки и направлением колебаний полотна решетки.

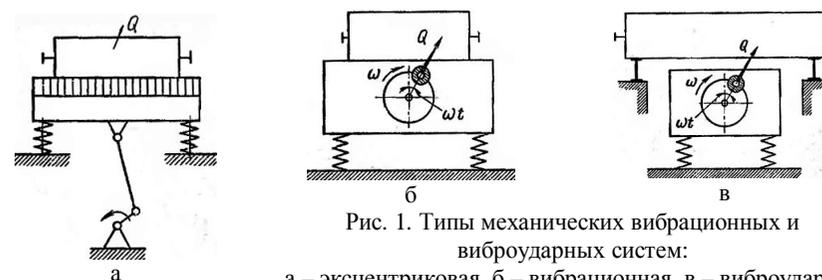


Рис. 1. Типы механических вибрационных и виброударных систем:
а – эксцентриковая, б – вибрационная, в – виброударная

Однако, принципиальная схема машин при этом все равно сохраняется (рис. 2) [11]. Они состоят из корпуса 1, установленного на упругих пружинных опорах 2, и вибровозбудителя 3, смонтированного в корпусе и приводимого во вращение электродвигателем.

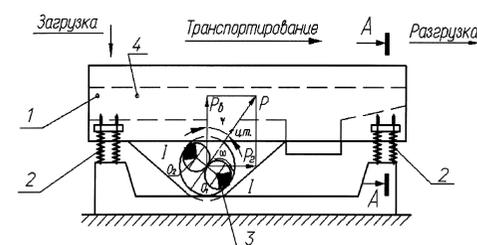


Рис. 2. Принципиальная схема инерционной машины с вибровозбудителем направленного действия

Конструктивно вибровозбудитель может быть выполнен различными способами, в частности, указанными на рис. 1. В верхней части корпуса закреплено полотно решетки 4, в случае выбивки сквозь щели которого просыпается отделяемая от отливок формовочная песчано-

глинистая смесь. Полотно 4 может также выполнять функции рабочего органа, по которому передвигаются детали либо дробится и сортируется порода. В инерционных машинах с транспортированием вибровозбудитель расположен несимметрично относительно центра тяжести, благодаря чему создается горизонтальная компонента усилия, направленная под углом к полотну решетки, чем и достигается эффект перемещения.

Несмотря на простоту своей конструкции, механические решетки не остаются неизменными, а постоянно совершенствуются в направлении повышения эффективности их работы, плавности регулировки вибрационных усилий, снижения пыле- и шумовыделения.

На следующих рисунках (рис. 3, 4) [1, 12-14] представлены разные конструкции инерционных эксцентриковых выбивных решеток, предназначенных для выбивки отливок из песчано-глинистых форм. Подобные конструкции не потеряли своей актуальности, они эксплуатируются на передовых линиях Украины. В частности, на предприятии „Азовмаш” на автоматизированной линии KW установлена выбивная решетка, показанная на рис. 4 [1, 13,

14]. Данная линия предназначена для изготовления деталей крупного вагонного литья.

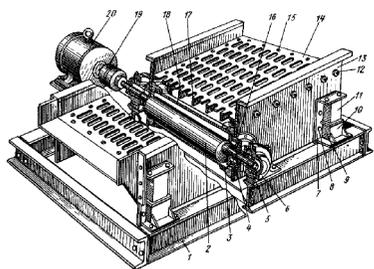


Рис. 3. Инерционная вибвиная решетка, предназначенная для вибвйки отливок массой 1.6т [12]

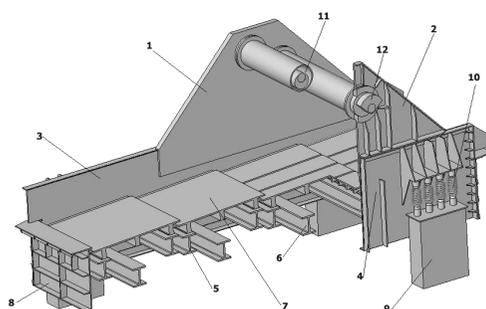


Рис. 4. Инерционная вибвиная решетка, предназначенная для вибвйки отливок массой 10 т [13]

В патентной литературе значительная часть технических решений направлена на исследование различных параметров при работе инерционной машины, снижение энергозатрат и повышение эффективности работы. Например, фирмой „Kinergy Corp” (США) используется вибратор типа неуравновешенного вала с приводом. Собственная частота пружин, на которых устанавливается рабочая рама, намного выше частоты вибровозбудителя при работе в холостом режиме. При подаче породы частота колебаний снижается, что обеспечивает автоматическую регулировку мощности, которую развивает система в нагруженном состоянии [15].

Фирма „Асте Conveyors” (Великобритания) производит инерционные машины с двумя вибрирующими массами. В таких установках вибрационный блок соединяется через упругие амортизаторы с рабочим столом или корпусом, который, в свою очередь, соединен через другие амортизаторы с неподвижной опорой [15].

Для вибвйки и дробления прочных и особо прочных формовочных смесей рекомендуется применять инерционные машины с вкладным полотном, хорошо зарекомендовавшие себя в работе [16].

В некоторых работах ряд технических решений направлен на снижение пусковых нагрузок [27]. Инерционная машина (рис. 5) [17] для вибвйки формы содержит корпус 1 с закрепленным на нем рабочим полотном 2, вибровозбудитель 3 и упругую подвеску 4, которая соединяет инерционную машину с фундаментом. Вибровозбудитель имеет вал

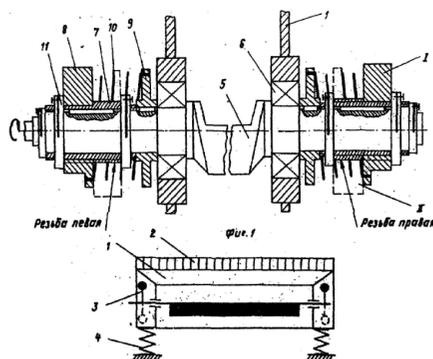


Рис. 5. Инерционная решетка для вибвйки форм [17]

5, с неподвижной дебалансной массой, установленной в корпусе решетки 1 на подшипниках 6, на концах которого закреплены втулки 7, с несамотормозящей резьбой, на которые накруты дебалансные гайки 8 и фланцы 9, к которым крепятся своими концами пружины кручения 10.

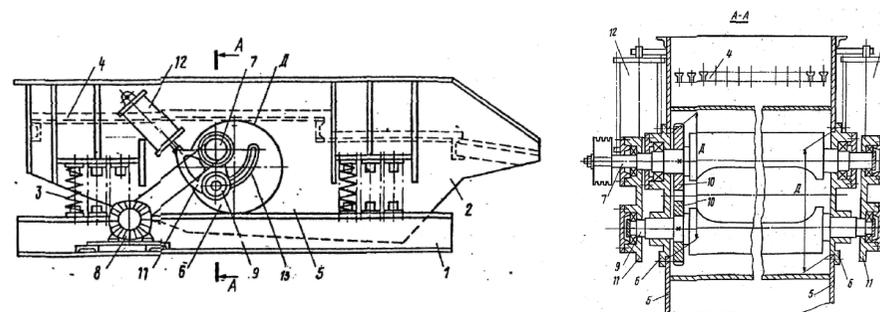


Рис. 6. Выбвиная транспортирующая инерционная решетка [18]

В некоторых источниках технические решения по совершенствованию конструкций инерционных машин направлена на повышение сроков службы. Так, вибвиная транспортирующая решетка (рис. 6) состоит из корпуса 2, рабочего полотна 4, вибровозбудителя, состоящего из приводного вала 7 и ведомого вала 9, шейки которых установлены во фланцах 6. Валы 7 и 9 соединяются кулисой 11 с приводом ее перемещения, выполненным в виде гидроцилиндра 12. Шейка ведомого вала размещена в пазу 13, сделанном во фланце 6 [18].

В работе [19] предлагается решетка, которая создает меньше шума. Решетка изготавливается из полых элементов, заполненных чугунной дробью, что позволяет снизить уровень шума от 97 до 89 дБ.

В другом предлагаемом техническом решении (рис. 7) [20] опоки 1 подаются в установку и выводятся из нее по рольганговым секциям 3 в направлении стрелки 2, содержащее опок 1 выдается на решетку 9 через воронку 8, выбитая смесь отводится с решетки 9 через воронку 12 на ленточный транспортер 13, возвращающий ее в оборот смесеприготовления, а отделенные от смеси отливки по лотку 14 поступают на пластинчатый конвейер 15.

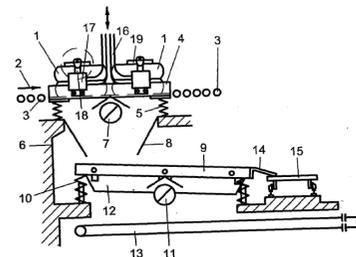


Рис. 7. Вибрационная установка для мал шумной вибвйки форм [20]

Такое решение позволяет снизить шумовые нагрузки, возникающие при работе вибвиной установки, до уровня, допускаемого действующими санитарно-гигиеническими нормами, увеличить срок службы опок за счет исключения их ударного взаимодействия с элементами установки, сократить продолжительность процесса вибвйки, устранить необходимость в дорогостоящих средствах шумоизоляции установки и улучшить показатели ее ремонтпригодности.

Также для уменьшения шума предлагаются и другие конструкции инер-

ционных машин. Так, на рис. 8 показана машина, которая имеет верхнее 1 и нижнее 2 полотна с соосными щелями 3. Полотна связаны между собой при помощи боковых планок 4 винтами 5. Между полотнами 1 и 2 помещены демпфирующие средства 6, выполненные в виде медных труб 7, наполненных свинцовой дробью 8. Чтобы демпфирующие средства 6 не препятствовали свободному прохождению смеси через щели 3, сечения труб 7 выбирают незначительными. Сэндвич-полотно существенно поглощает колебания, гасит шум, возникающий при соударении отливок с решеткой.

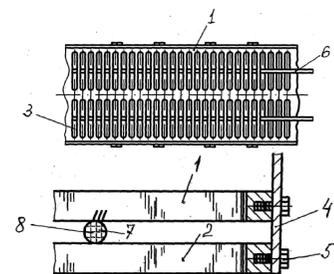


Рис. 8. Инерционная машина с устройством для снижения уровня шума

С целью увеличения долговечности и повышения надежности работы производится фиксация корпуса вибровозбудителя относительно рамы решетки в поперечном направлении по отношению к оси вала. Также фиксируются колосниковые секции в продольном направлении относительно рамы решетки. Корпус инерционного вибровозбудителя снабжен установленными по торцам цилиндрическими опорными фланцами, при этом каждая колосниковая секция жестко соединена с одной из своих опорных балок прямоугольным выступом.

При работе решеток из-за длительных вибрационных ударных нагрузок часто выходят из строя подшипниковые узлы. Существуют различные технические решения по усовершенствованию конструкций подшипниковых узлов.

К примеру, инерционная транспортирующая машина (рис. 9) [21] содержит решетку 1, корпус 2 с вибровозбудителем 3, установленную на пружинах 4 раму 5. В корпусе 2 вокруг посадочных окон установлены пластики 6 с закрепленными на шарнирах 7 башмаками 8. На них закреплен упругий установочный элемент 9. Конические посадочные места 10 возбудителя вибрации 3 зажимаются между упругими элементами 9 башмаков 8, регулировка натяжки осуществляется винтами 11, установленными на пластиках 6.

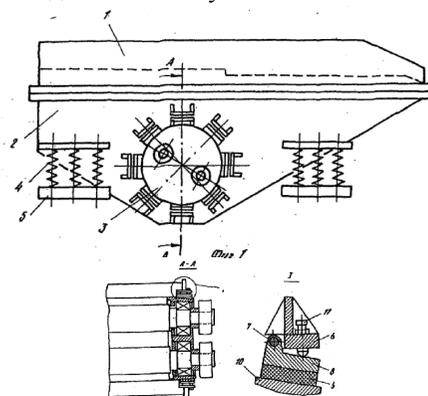


Рис 9. Инерционная транспортирующая решетка для выбивки форм [21]

Вибрационная машина (рис. 10) [22] отличается тем, что с целью улучшения условий отделения отливок от земли она снабжена шарнирно закрепленными на выходе предпоследней секции вертикальными стержнями. Они образуют со свободными концами ее продольных пластин выходные окна. Стержни задерживают крупные комья земли на решет-

ках для дальнейшего размельчения, после чего смесь проходит через окна.

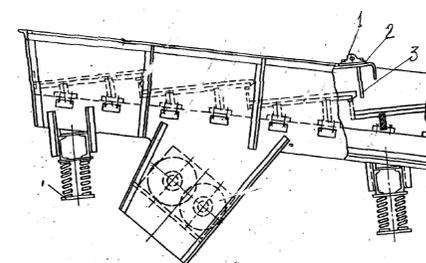


Рис. 10. Инерционная машина [22, 23]

В других работах предпринимается попытка на одном оборудовании одновременно с процессом выбивки литья производить дробление отработанной формовочной смеси. В конструкции выбивной машины [23] между поперечными балками решетки и продольными пластинами установлены выступающие под ними гибкие затворные элементы, они располагаются под углом 70° к направлению транспортирования, что предотвращает прохождение земли над ними, задерживая выход крупных комьев формовочной смеси, что способствует их дроблению.

В другой конструкции установки [24] с целью улавливания ферромагнитных частиц непосредственно при прохождении смесью полости инерционной машины под полотном решетки установлен направляющий экран, электромагнит и дополнительный бункер. Электромагнит установлен под направляющим экраном с возможностью возвратно-поступательного перемещения, а дополнительный бункер расположен под электромагнитом.

В работах [10-12] авторы широко проанализировали принципиальные схемы инерционных машин с дебалансными приводами, описали принципы работы и существующие методы расчета. Их работы считаются основополагающими в этой области, однако описанные методы расчета не позволяют в достаточной степени проанализировать работоспособность конструкции [1].

Выводы и направления дальнейших исследований. Из приведенного анализа многообразия конструкций можно сделать вывод, что в производстве в качестве выбивных, транспортирующих, сортирующих устройств достаточно часто применяют инерционные машины с дебалансным возбудителем. На сегодняшний день еще не существует „идеальной”, удовлетворяющей всем параметрам инерционной машины. Об этом свидетельствует множество патентов и авторских свидетельств, количество которых постоянно увеличивается. Разработка и совершенствование существующих конструкций продолжается и сейчас. Этой тематике посвящена и диссертация [1]. В ней описаны проблемы и методы их решения на предприятии „Азовмаш”. По результатам работы была разработана новая конструктивная модель инерционной выбивной машины с дебалансными приводами и внедрена в производство.

В литературе инерционные машины классифицируются по частоте возбуждающей силы: дорезонансные, резонансные и зарезонансные. Существуют также классификации по типу работы вибрационной системы – эксцентриковая, вибрационная и виброударная (см. рис. 1) системы. Наиболее часто в производстве встречаются зарезонансные вибрационные машины с самосинхронизирующимися приводными дебалансными валами.

Из всех приведенных машин особое внимание необходимо уделять тяжело-

нагруженным (технологической нагрузкой 10 т и более) машинам. Такие машины являются уникальными, и проведение эксперимента недопустимо затратно по времени и средствам. Производство опытных образцов таких машин является дорогостоящим и недопустимым. В то же время эти машины чаще выходят из строя, что связано с габаритными размерами – и массой выбиваемого кома, и самой машины. При проектировании нельзя пропорционально увеличивать размеры машины и ее жесткость, поскольку такие машины будут слишком тяжелыми и, соответственно, у них будет слишком большой перерасход энергии.

Однако, во всех приведенных работах, в частности, в работе [1] уделено недостаточно внимания вопросам исследования динамических и прочностных характеристик. Что касается методов исследования динамических характеристик, то этот вопрос глубже рассмотрен в работах [25-26]. На сегодняшний день пока существует мало работ, посвященных вопросу долговечности и критериям многоциклового усталости в инерционных машинах, хотя работают они с высокочастотной многоциклового нагрузкой.

В дальнейшем планируется более подробно осветить вопрос исследования динамики поведения инерционных машин и уделить внимание прочностным характеристикам, исследованию долговечности конструкции, в частности, вопросам, посвященным исследованию многоциклового усталости.

Список литературы: 1. Барчан Е.Н. Удосконалення методів розрахунку та конструкції вибивної транспортуєчої машини для формувальних ліній крупного литва. // Дисс. канд. техн. наук: 05.02.02. – Мариуполь. – 2008. – 178 с. 2. Ленда В.О. Вібраційні системи з комбінованим режимом динамічного навантаження для енергозберігаючих технологій переробки мінеральної сировини. // Автореф. дис. докт. техн. наук: 05.05.06. – Дніпропетровськ. – 2006. – 31 с. 3. Ясунік С.М. Підвищення ефективності обробки деталей у віброуючих контейнерах. // Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.03.01. – Харків. – 2004. – 19 с. 4. Калмиків М.О. Підвищення ефективності процесу вібраційної обробки великогабаритних виробів. // Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01. – Харків 2006. – 20 с. 5. Ефимов В.Н. и др., Устройство для выбивки литейных форм, Патент России, № 2183531, пр. В22Д 29/00. Опубл. 10.08.2002г. 6. Improved sand and casting separation at Casting Limited // Foundry Trade Journal. – 1981, 151. – № 3228, – 964 р. 7. Способ выбивки литейных форм: А.с. 1154036. СССР. МКИ В22Д 29/00 / В.С.Мысовский, А.М.Бродский, И.Н.Шамонова и др. – №3663607/22-02; Заявл. 18.11.83; Опубл. 07.05.86, Бюл. № 17. – 1с. 8. Пат. 275598 ГДР. МКИ В22Д 29/00. Verfahren and Vorrichtung zum Ausleeren von Formkasten, VEB Schwenkmaschinenbau Lauchhammerwert: Пат. 275598 ГДР. МКИ В22Д 29/00 P.Nicklisch, R.Boettcher. – №2998042; Заявл.09.02.87; Опубл.22.06.88, – 2с. 9. Knight E.S. Separating sand and castings // British Foundryman . –1979, 72. – № 6. – PP.206-213. 10. Аксенов П.Н. Оборудование для литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1977. – 510 с. 11. Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства. – М.: Машиностроение, 1978. – 552 с. 12. Матвеев И.В., Тарский В.Л. Оборудование для литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с. 13. Барчан Е.Н. Методы, модели и алгоритмы для синтеза параметров вибивной инерционной машины на основе моделирования динамических процессов. // Вісник НТУ “ХПІ”. Тем. вип.: "Машинознавство та САПР". – 2007. – №3. – С.3-17. 14. Барчан Е.Н., Ткачук Н.А., Грабовский А.В. Экспериментальное исследование динамических процессов в вибивной машине с дебалансным приводом. // Вісник НТУ “ХПІ”. Тем. вип.: Машинознавство та САПР.– 2007. – №3. – С.17-23. 15. Dumbaugh G.D. One simple «Common», Drive for Foundry Vibrating Equipment / Trans. Amer. Foundrymen's Soc. – Vol. 94. Proc. 90-th Annu Meet, May 11-15, 1986. 16. Пономарев Н.Г., Кузин А.В. Особенности выбивки отливок из прочных форм // Литейное производство. – 1981. – № 10. – С.15. 17. Инерционная решетка для выбивки форм: А.с.799911. СССР. МКИ В22Д29/02 / М.Р.Козулькевич, Е.А.Королев, П.М.Ткаченко, П.А.Федорук. – №2713467-22; Заявл. 17.01.79; Опубл.23.01.84, Бюл. № 4. – 1с. 18. Выбивная транспортирующая решетка: А.с.1488123.

СССР. МКИ С22Д29/00 / Ю.И. Карпов, Е.Ю. Карпова – №4263147; Заявл. 15.06.87; Опубл.23.06.89, Бюл. № 23. –1 с. 19. Godding R.G., Shaw F.M. Problems of knockout // Foundry Trade Journal – 1979. – 146. – № 3165. – P.1412-1413. 20. Пат. 141752 ГДР. МКИ В22Д29/02. Schwinganordnung zur Larmgeminderten Entleerung adgegossener Giefereiformen: Пат. 141752 ГДР. МКИ В22Д29/02 M.Goritzka . – № 192279; Заявл.09.04.76; Опубл. 21.05.80. – 1с. 21. Инерционная транспортирующая решетка для выбивки форм: А.с. 1002090. СССР. МКИ В22Д29/00 / П.М.Ткаченко – №3346462/22-02; Заявл.14.10.81; Опубл.07.03.83, Бюл. № 9. – 1с. 22. Вибрационная решетка: А.с.619287. СССР. МКИ В22Д29/02 / Н.И. Бабичев – №2437924/22-2; Заявл. 04.01.77; Опубл.15.08.78, Бюл.№ 30. – 1с. 23. Вибрационная решетка: А.с.1258605. СССР. МКИ В22Д29/00 / Г.В. Милых, В.С.Самсоненко, В.Е.Сушко – №3887173/22-2; Заявл.22.04.85; Опубл.23.09.86, № 35. – 1с. 24. Установка для выбивки литейных форм: А.с. 1235652. СССР. МКИ В22Д 29/02 / К.А.Берман, В.А.Шкода, П.С.Заболоцкий – №3834052/22-02; Заявл.29.12.84; Опубл.07.06.86, Бюл. № 21. – 1с. 25. Гереза И.И. Совершенствование конструкций и методов расчета вибрационных машин. Дис. канд. техн. наук: 01.02.06 / Львовский ордена Ленина политехнический институт им. Ленинского комсомола. – Л., 1991. – 291 с. 26. Нисонский В.П., Гереза И.И., Козулькевич Р.М., Гуцуляк Ю.В. Математическая модель многосекционных вибивных агрегатов с учетом рассеяния энергии // Проблемы прочности. – 1994. – № 10. – С.30-36. 27. Сердюк Л.И. Основы теории, расчет и конструирование управляемых вибрационных машин с дебалансными возбудителями. // Автореф. дис... докт. техн. наук: 05.02.02:01.02.06. – Харків. – 1991. – 31 с.

Поступила в редколлегию 02.11.08