

УДК 627.824: 627.831

**М.И. БАЛЬЗАННИКОВ**

доктор технических наук, профессор, ректор Самарского государственного архитектурно-строительного университета, заведующий кафедрой природоохранного и гидротехнического строительства

**М.В. РОДИОНОВ**

ассистент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет

**В.А. СЕЛИВЁРСТОВ**

кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ГРУНТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*THE NEW APPROACH TO INCREASING OF ECOLOGICAL SAFETY OF THE EXPLOITED EARTH HYDRAULIC  
ENGINEERING STRUCTURES*

*Анализируется состояние эксплуатируемых низконапорных гидроузлов с грунтовыми плотинами, возведенных на малых реках. Показано, что многие грунтовые плотины имеют неудовлетворительное состояние и нуждаются в проведении ремонтно-восстановительных работ. Предложено, для повышения их экологической безопасности при проведении реконструкции, предусматривать крепление гребня и низового откоса, что обеспечит возможность пропуска редких паводков многоводных лет непосредственно через грунтовую плотину без опасности ее разрушения. Приведена разработанная авторами перспективная конструкция грунтового переливного водоподпорного сооружения. Охарактеризованы ее преимущества.*

**Ключевые слова:** низконапорные грунтовые плотины, пропуск паводка, реконструкция плотин, экологическая безопасность плотин, крепление низового откоса.

В нашей стране существует огромное количество малых водохозяйственных объектов, водохранилища которых расположены на малых и средних реках. Так, только в Самарской области эксплуатируются более 500 таких объектов. Для создания напора в большинстве случаев используются грунтовые плотины, возведенные из местных строительных материалов. Широкое распространение грунтовые плотины получили из-за имеющихся в достаточных объемах необходимых строительных материалов непосредственно вблизи возводимых плотин, а также вследствие сравнительно низкой их стоимости по сравнению, например, с бетонными плотинами.

На рис. 1 приведена схема компоновки типичного низконапорного гидроузла неэнергетического назначения на малой реке, а также разрез по русловой части грунтовой плотины. Стремление снизить расходы

*The state of operated low-pressure hydroengineering complexes with earth dams constructed on small rivers is analyzed. It is shown that many of earth dams have poor condition and are in need of repair work. For increasing of ecological security it is offered to install crest and downstream slope in order to enable passing of rare floods at high-water years directly via an earth dam without the risk of its destruction. The design of earth water retaining structures is proposed. Its advantages are summarized.*

**Key words:** low-pressure earth dams, flood passing, dam reconstruction, ecological safety of dams, downstream slope protection.

на возведение гидроузла, а также низкий класс объекта обуславливают применение сооружений простейшего конструктивного исполнения. В частности, грунтовую плотину возводят обычно без специальных противофильтрационных устройств, а водосбросные сооружения – в виде автоматически работающего водосливного порога и отводящего трубопровода либо водосбросного трубопровода с задвижкой.

Применяемые простейшие водосбросные устройства не рассчитаны на пропуск паводковых вод редкой обеспеченности. В связи с этим за период эксплуатации низконапорного гидроузла в редкие многоводные годы имели место случаи, когда вода в паводок переливалась непосредственно через плотину. Пример перелива воды через низконапорную грунтовую плотину представлен на рис. 2. Эти обстоятельства, а также длительные сроки эксплуатации существующих водохозяйственных

объектов без своевременного проведения ремонтов привели к тому, что в настоящее время большая часть грунтовых плотин находятся в неудовлетворительном состоянии. Причем ряд плотин полностью разрушены, а соответственно водохозяйственные объекты не выполняют своих функций.

В Самарском государственном архитектурно-строительном университете выполнены обследования состояния основных сооружений низконапорных гидроузлов [1]. Целью выполнения работ являлось: инвентаризация всех ранее построенных водохранилищ и прудов на местном стоке; установление возможности безопасного пропуска весенних паводковых вод и оценка современного состояния существующих гидротехнических сооружений. Работа проводилась в рамках задания Департамента по строительству, архитектуре, жилищному, коммунальному и дорожному хозяйству Самарской области и института «Средвологипроводхоз». Были проведены обследования около 100 прудов и водохранилищ на местном стоке в 9 районах Самарской области.

Под обследование попадали и оценивались раздельно: состояние подпорного сооружения, в качестве которого, как правило, использовалась грунтовая плотина из местных материалов, и состояние водосбросных сооружений. Высота обследованных грунтовых плотин колебалась в пределах от 2 до 15 м, средняя высота плотин составила 6-8 м.

Результаты показали, что из всего объема обследованных грунтовых плотин более 35% находились в неудовлетворительном состоянии и требовали незамедлительного вмешательства до начала паводкового сезона для предотвращения негативных последствий.

Заметим, что значительное количество малых водохозяйственных объектов не имеют собственника или собственником номинально в соответствии с законодательством РФ является хозяйство, на землях которого находится водоем, но право собственности не оформлено. Это обстоятельство является дополнительным отрицательным фактором, препятствующим проведению своевременных ремонтно-восстановительных работ по гидротехническим сооружениям. Также отсутствует регулярная эксплуатация водохранилищ.

На рис. 3 приведен пример характерного разрушения низового откоса грунтовой плотины.

Неудовлетворительное состояние грунтовой плотины может привести к аварии – частичному или полному разрушению тела плотины, что в период пропуска паводковых вод вызовет значительное негативное воздействие на прилегающую территорию, земли

сельскохозяйственных угодий, расположенные вблизи гидроузла населенные пункты, транспортное сообщение и др. [2].

Отметим, что, в соответствии с Законом РФ «Обезопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997 г. № 117, в случае причинения вреда жизни или здоровью граждан в результате аварии гидротехнического сооружения эксплуатирующая организация или иной владелец гидротехнического сооружения, ответственные за причиненный вред, обязаны обеспечить выплату компенсации в счет возмещения причиненного вреда.

Сказанное свидетельствует о том, что весьма большое количество низконапорных гидроузлов требуют проведения незамедлительного ремонта или реконструкции, особенно остро в таких работах нуждаются грунтовые подпорные гидротехнические сооружения.

При выполнении ремонтно - восстановительных работ с целью повышения экологической безопасности и уровня защищенности природной среды, а также прилегающей территории эксплуатируемого водохозяйственного объекта целесообразно предусматривать возможность перелива паводковых вод непосредственно через гребень грунтовой плотины.

Естественно, такое решение потребует в проекте реконструкции предусмотреть специальное крепление гребня и низового откоса плотины, а следовательно, при выполнении работ – дополнительных финансовых затрат. Однако предлагаемое усовершенствование конструкции грунтовой плотины в дальнейшей эксплуатации значительно повысит надежность водохозяйственного объекта.

Конструкция крепления гребня и низового откоса такой плотины должна отвечать следующим основным требованиям: иметь низкую стоимость, обладать возможностью быстрого и технологичного устройства элементов крепления откоса, предусматривать возможность демонтажа, ремонта и повторного использования элементов крепления.

Авторами выполнен анализ известных и перспективных конструктивных решений крепления. Анализ показал, что в настоящее время известно большое количество весьма разнообразных конструкций креплений низового откоса грунтового водоподпорного сооружения. Однако большинство из них обладают существенными недостатками. К числу основных недостатков известных технических решений можно отнести высокую материалоемкость, трудоемкость и стоимость, а также длительный срок строительства.

Высокая материалоемкость обычно обусловлена использованием в качестве элементов крепления желе-

зобетонных плит, уложенных на низовом откосе плотины по всей его поверхности. На изготовление плит требуются значительные объемы дорогостоящего бетона. Кроме того, бетонные плиты обычно изготавливаются на стационарных заводах по их производству. При этом применяется сложный технологический процесс, включающий приготовление бетонной смеси и заполнение им предварительно изготовленных армированных форм. Доставка этих строительных материалов на завод, а также последующая загрузка готовых бетонных плит на автотранспорт, перевозка их к месту строительства плотины, выгрузка и укладка плит с помощью подъемного оборудования в конструкцию очень трудоемки.

Использование дорогостоящего бетонного или железобетонного материала для элементов крепления низового откоса, а также высокая трудоемкость процесса изготовления элементов крепления из-за сложности технологического процесса обуславливают высокую стоимость крепления.

Заметим, что профиль грунтовой плотины такого конструктивного исполнения принимается весьма распластанным со значительным заложением низового откоса (от 7 до 10) для исключения его размыва водным потоком и обеспечения его устойчивости. Такой профиль потребует большого объема материала для плотины и большого числа элементов крепления. Это также приводит к удорожанию конструкции.

Используемый технологический процесс при изготовлении элементов бетонного крепления, их перевозке и укладке в конструкцию переливной плотины обусловит длительный срок ее строительства.

На наш взгляд, указанные выше недостатки можно устранить, если использовать геосинтетические оболочки в качестве элементов крепления низового откоса. Такие оболочки представляют собой некоторые емкости из синтетического материала, предусматривающие возможность заполнения их грунтом или каким-либо другим материалом. Для изготовления геосинтетических оболочек используют воздухо- и водонепроницаемые тканые геотекстильные материалы. Заполнение оболочек, как правило, производится через впускные рукава земснарядов в виде пульпы, вода при этом отводится через водонепроницаемую поверхность оболочки. Возможно заполнение оболочек грунтом механическим способом, например, с помощью экскаватора.

Поперечное сечение геосинтетических оболочек имеет сложную криволинейную форму и зависит от типа заполнителя, давления, создаваемого оборудованием для заполнения оболочек, а также от внешних воздействий. Форма оболочки чаще всего похожа на ка-

плю воды, расположенную на горизонтальной гидрофобной поверхности.

Конструкция грунтовой переливной плотины с использованием в качестве элементов крепления геосинтетических оболочек разработана на кафедре природоохранного и гидротехнического строительства Самарского государственного архитектурно-строительного университета [3]. Ее особенности:

- грунтовое водоподпорное сооружение в пределах гребня плотины и сливного откоса укрепляется геосинтетическими оболочками, заполняемыми грунтом;
- оболочки укладываются на заранее подготовленные горизонтальные площадки, расположенные в пределах низового откоса;
- на контакте оболочек и грунта тела плотины с целью предотвращения вымывания частиц грунта предусматривается укладка фильтра из нетканого геотекстиля;
- в случае необходимости обеспечения устойчивости геосинтетических оболочек по периметру геосинтетических оболочек может предусматриваться укладка армирующих сеток с анкерными устройствами, расположенными в теле грунтового сооружения.

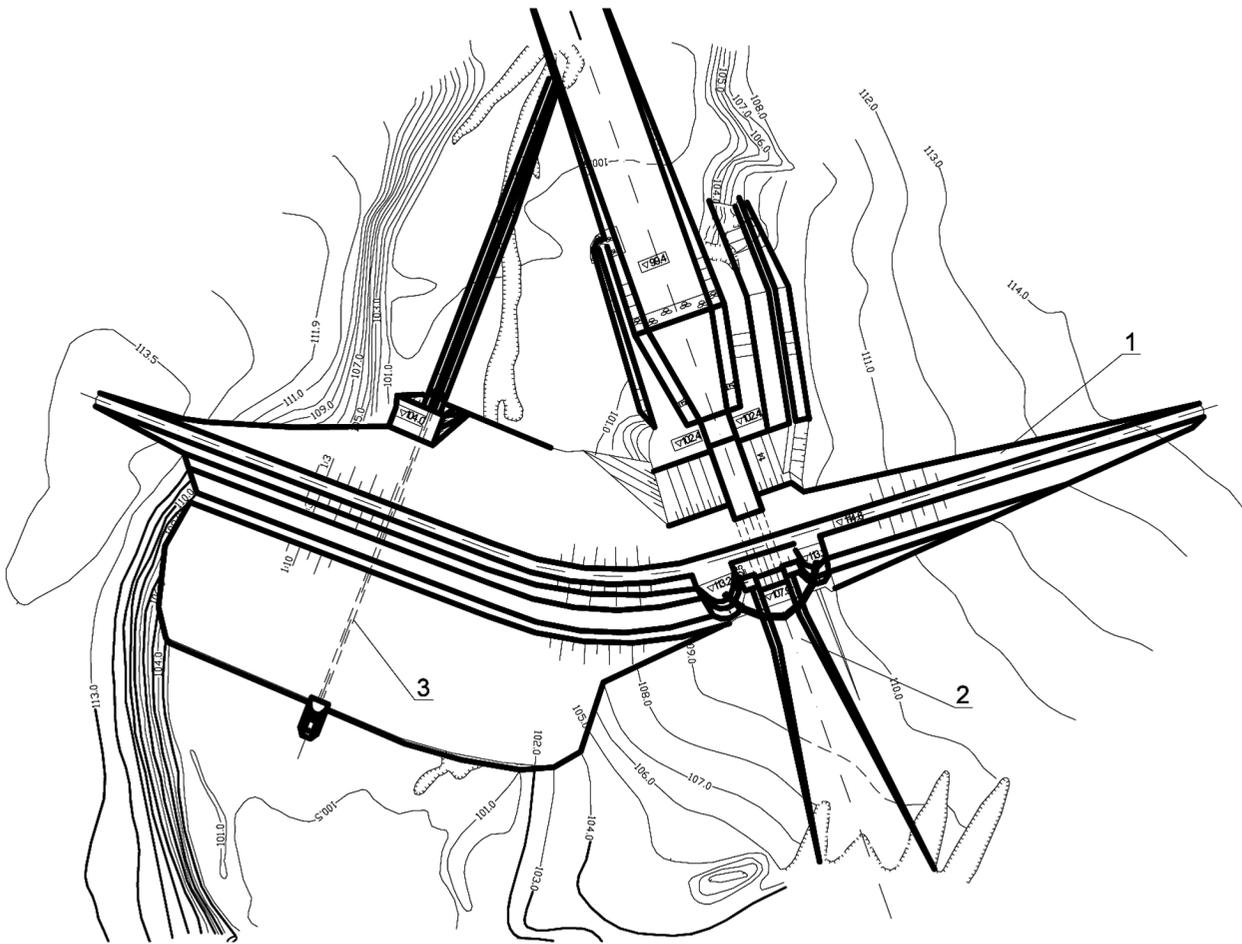
Схема предложенной конструкции грунтовой плотины приведена на рис. 4.

Разработанная конструкция грунтового переливного гидротехнического сооружения позволит устранить указанные выше недостатки по материалоемкости, трудоемкости и стоимости вследствие применения относительно недорогих геосинтетических оболочек, местных строительных материалов для заполнения оболочек, а также использования высокопроизводительного оборудования (например, земснаряда). Кроме того, конструктивное решение обеспечит выполнение требований по скорости и легкости устройства элементов крепления откоса, технологичности их демонтажа, ремонта и повторного использования.

Авторами выполнена оценка экономической эффективности грунтовой плотины с предложенным креплением откоса геосинтетическими оболочками. Были рассмотрены три варианта повышения экологической безопасности и надежности грунтовых плотин, отличающихся конструктивными решениями крепления низового откоса: а) железобетоном, б) каменной наброской, в) геосинтетическими оболочками.

Области применения рассматриваемых конструктивных решений крепления низового откоса грунтовых переливных плотин имеют ограничения, в основном по допустимым сбросным удельным расходам. Для корректной экономической оценки были на-

а



б

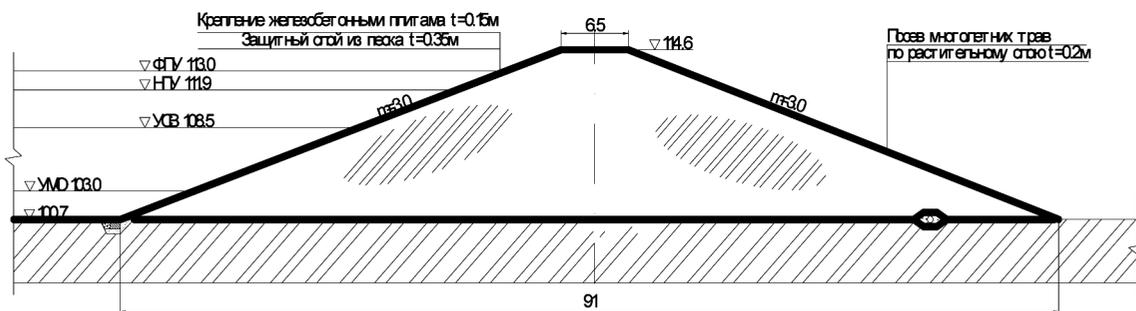


Рис. 1. Низконапорный гидроузел неэнергетического назначения:  
 а – схема компоновки; б – разрез по русловой части грунтовой плотины;  
 1 – грунтовая напорная плотина; 2 – паводковый поверхностный водосбор; 3 – донный водовыпуск



Рис. 2. Общий вид разрушения части грунтовой плотины при переливе воды



Рис. 3. Характерные разрушения части грунтовой плотины

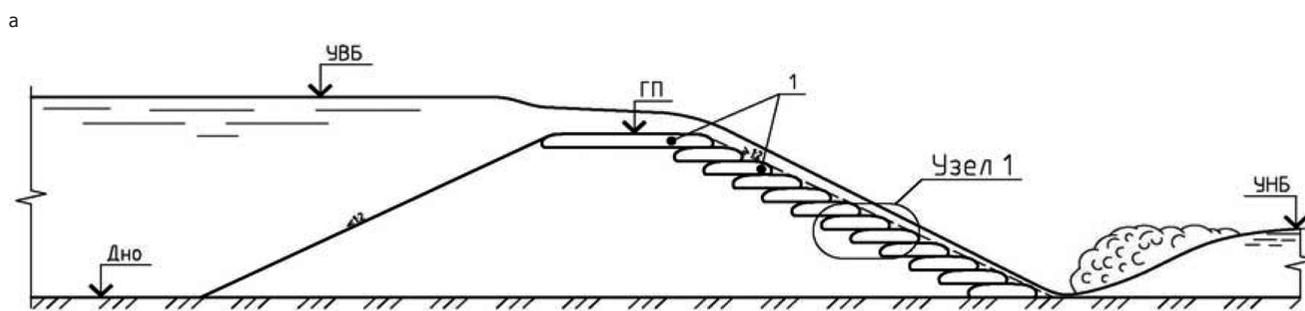
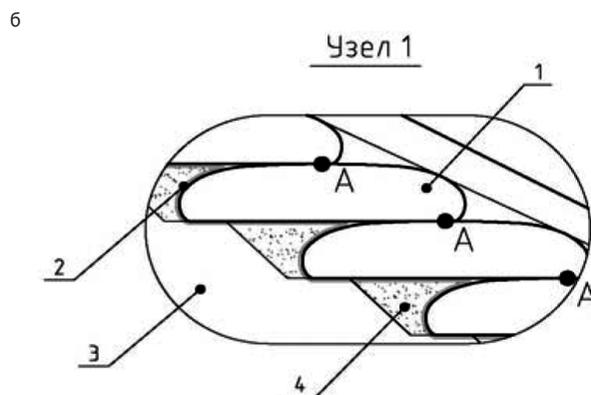


Рис. 4. Схема конструкции грунтового переливного водоподпорного сооружения:  
а – поперечный профиль; б – схема укладки геосинтетических оболочек;  
1 – геосинтетические оболочки; 2 – фильтр из геотекстиля; 3 – тело водоподпорного сооружения; 4 – засыпка



значены допустимый удельный расход в зависимости от выбранных типов креплений, равный  $2,0 \text{ м}^2/\text{с}$ , заложение низового откоса 1:3 и согласно рекомендациям [4] конструктивные решения. Так, для железобетонного крепления были приняты плиты толщиной 0,25 м, крепления каменной наброской - камень диаметром 0,5 м в два слоя, а крепления геосинтетическими оболочками - оболочки высотой 1,0 м и шириной 4,5 м.

В ходе оценки экономической эффективности переливных грунтовых плотин определены объемы строительно-монтажных работ и их стоимость на устройство крепления низового откоса в ценах 2001 г. для трех высот плотины (10,0; 15,0 и 20,0 м) на 1 п.м длины водосбросного фронта. Результаты расчета сведены

в табл. 1. Из них следует, что самые большие затраты необходимы на устройство крепления откосов каменной наброской, а самым экономичным решением является крепление откосов геосинтетическими оболочками.

Таким образом, предложенная конструкция крепления низового откоса переливных грунтовых плотин геосинтетическими оболочками экономичнее примерно в 2,8 раза крепления камнем и железобетоном. Это позволяет говорить о перспективности предложенной конструкции крепления геосинтетическими оболочками при решении вопросов повышения экологической безопасности эксплуатируемых грунтовых гидротехнических сооружений.

Таблица 1

## Сравнительные затраты на крепление откоса грунтовой плотины

Вариант крепления	Показатель	Высота плотины		
		10 м	15 м	20 м
а. Железобетоном	Плиты бетонные	31,5 м <sup>2</sup> /7,9 м <sup>3</sup>	47,5 м <sup>2</sup> /11,9 м <sup>3</sup>	63,2 м <sup>2</sup> /15,8 м <sup>3</sup>
	Обратный фильтр	12,6 м <sup>3</sup>	19,0 м <sup>3</sup>	25,3 м <sup>3</sup>
б. Каменной наброской	Камень, d <sub>90%</sub> =0,5м	31,5 м <sup>3</sup>	47,5 м <sup>3</sup>	63,2 м <sup>3</sup>
	Обратный фильтр	12,6 м <sup>3</sup>	19,0 м <sup>3</sup>	25,3 м <sup>3</sup>
в. Геосинтетическими оболочками	Геосинтетические оболочки	105,0 м <sup>2</sup>	157,5 м <sup>2</sup>	210 м <sup>2</sup>
	Фильтр	47,3 м <sup>2</sup>	71,3 м <sup>2</sup>	94,8 м <sup>2</sup>
Стоимость строительства 1 п. м, тыс. р. Варианты «а» - «б» - «в»		15,4 - 15,7 - 5,7	23,2 - 23,6 - 8,6	

## Выводы:

1. Проанализировано состояние низконапорных гидроузлов с грунтовыми плотинами, возведенных на малых реках и имеющих местное значение. Анализ показал, что большое их количество имеет неудовлетворительное состояние и представляют угрозу для окружающей среды, сельскохозяйственных угодий и близкорасположенных населенных пунктов. Только в девяти районах Самарской области более 35 % грунтовых плотин нуждаются в проведении ремонтно-восстановительных работ.

2. Показана целесообразность повышения экологической безопасности эксплуатируемых водохозяйственных объектов за счет реконструкции низконапорных грунтовых плотин и преобразования их в переливные плотины. Указаны требования к элементам конструкции крепления гребня и низового откоса, основными из которых являются: низкая стоимость, быстрота и технологичность устройства, возможность демонтажа, ремонта и повторного использования.

3. Разработана перспективная конструкция грунтового переливного водоподпорного сооружения, особенностью которой является использование для крепления низового откоса геосинтетических оболочек. Конструкция обладает преимуществами: экономией расходов на крепление низового откоса вследствие применения относительно недорогих геосинтетических оболочек, возможностью использования местных строительных материалов для заполнения оболочек, более низкой трудоемкостью возведения за счет использования высокопроизводительного оборудования.

4. Произведена оценка экономической эффективности применения новой конструкции грунтовой плотины, допускающей перелив паводковых вод через гребень и низовой откос, которые показали, что предложенный вариант примерно в 2,8 раза экономичнее креплений каменной наброской и железобетоном.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Караваев, Е. А., Анализ современного состояния и условий эксплуатации прудов и водохранилищ на местном стоке в регионе [Текст] /Е.А. Караваев, В.А. Селивёрстов// Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды:Тезисы докладов областной 58-й научно-технической конференции (апрель 2001 г.) /СамГАСА.- Самара, 2001. – С. 248 – 250.

2. Бальзанников, М.И. Водохранилища энергетических объектов и их воздействие на окружающую среду [Текст] / М.И. Бальзанников // Энергоаудит. – 2007. – № 1. – С. 32-35.

3. Патент на изобретение РФ 2432432, МПК E02B7/06 Переливная грунтовая плотина [Текст] / М.И. Бальзанников, М.В. Родионов. - Заявка № 2010126843; Оpubл. 2011, Бюл. № 30.

4. Правдивец, Ю.П. Экономичная конструкция водосливной грунтовой плотины на размываемом основании [Текст] /Ю.П. Правдивец, А.М. Крестьянников, В.Ф. Туров // Энергетическое строительство. – 1980. – № 3. – С.10-14.

© Бальзанников М.И., Родионов М.В., Селивёрстов В.А., 2011