

УДК 502/504:621.621:223:532.54:712

**О.Н. ЧЕРНЫХ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

**В.В. ВОЛШАНИК**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Российская Федерация

## РОЛЬ ВОДЯНЫХ МЕЛЬНИЦ В ВОССОЗДАНИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ

*В статье обсуждаются основные перспективы и аспекты реконструкции и использования водяных мельниц при восстановлении и экологической реабилитации водных систем в различных ландшафтах. Приведены результаты анализа роли исторических водяных мельничных гидроузлов в развитии цивилизационного туризма в Московском регионе и в России. Отмечен их большой туристический потенциал при образовании как историко-культурных, так и природно-рекреационных зон для полноценного отдыха, познавательного и культурного досуга населения. Приведена краткая информация об основных водяных мельницах, реконструированных и построенных в России на данный момент. Дан обзор современного использования водяных колёс за рубежом. Рассмотрены варианты применения водяных колёс русского и европейского типов при создании и формировании музеев усадебной и крестьянской культуры и быта, при разработке программ сохранения и возрождения памятников промышленной архитектуры в сохраняемой природной и историко-культурной среде как объекта экскурсионной демонстрации воссозданных водяных мельниц. Обсуждаются варианты технических решений и возможности повышения эффективности водяных колёс при использовании гидроэнергетических преобразователей для очень низкого напора на базе водяных колёс. Выявлено отсутствие в настоящее время отечественных публикаций по методам конструирования, расчёта и опытным характеристикам верхненаливных, средненаливных и нижнебойных колёс, научно обоснованных рекомендаций по области применения водяных мельниц в современных условиях. Предложены основные направления их реновации и пути возрождения русского культурного ландшафта.*

*Водяные мельницы, водяное колесо, гидравлический двигатель, русская усадьба, исторический ландшафт, экологическая реабилитация и восстановление водных объектов.*

**Введение.** В соответствии с принятой Генеральной Ассамблеей ООН резолюцией 56/6 «Глобальная повестка дня для диалога между цивилизациями, для предотвращения конфликтов и столкновений цивилизаций, взаимопонимания между ними, воспитания культуры мира и толерантности, сохранения и обогащения культурного разнообразия» разрабатываются программы цивилизационного туризма, позволяющего получить всестороннее представление о сущности, историческом прошлом, культуре, обычаях, условиях жизни различных цивилизаций. В России есть все необходимые предпосылки для диалога культур и реализации проекта цивилизационного туризма в жизнь. В связи с этим всё более актуальной становится проблема сохранения, реставрации и воссоздания памятников отечественного деревянного зодчества, традиционной усадебной и сельской историко-культурной

среды. Богатство и разнообразие российской цивилизации наиболее ярко выражены в большом количестве как историко-культурных и природно-ландшафтных памятников, так и памятников промышленной архитектуры. К ним относятся не только уникальные храмы и здания, но и технические сооружения: плотины, мельницы и другие гидротехнические сооружения, которые могут являться объектами экскурсионной демонстрации.

Для поддержания и развития проекта цивилизационного туризма в России также актуальной становится и проблема экологического обустройства малых рек (только в РФ их насчитывается более 2,5 миллионов) и водоёмов. Для этого наряду с разработкой природоохранных мер необходимо осуществление специальных инженерных мероприятий.

Анализ зарубежного и отечественного опыта реабилитации малых водных объек-

тов [1] показывает, что наиболее успешные результаты можно получить при восстановлении водотоков на уровне периода, предшествующего индустриальному освоению территории. Программы восстановления должны включать в себя как мероприятия по улучшению качества воды, так и реконструкцию гидротехнических сооружений, расположенных на водном объекте и традиционных для восстанавливаемого периода. Например, сейчас во многих европейских странах восстанавливаются водяные мельницы и мельничные пруды.

**Материалы и методы исследований.** Ещё родоначальниками русского плотностроения (так называемыми «водяными людьми») примерно в XI-XIII вв. на реках было построено бесчисленное множество запруд или плотин с водяными мельницами, являющимися «частицами» нашей истории. В XVI в. водяные мельницы (мукомольные, крупорушки, сукновальни и проч.) становятся в России промышленными установками. Так, первая в России мельница, используемая в бумажном производстве, была построена около 1564 г. на р. Уче в деревне Вантеевка (сейчас – город Ивантеевка Московской области) [1]. Кроме малых водотоков и морских побережий (Соловки), мельницы в России пытались построить и на больших реках [2]. В XVII в. в гористых местностях на запруженных ручьях (Урал, Карпаты и т.п.) получили распространение мутовчатые мельницы, а на равнинных – колёсные мельницы на одно или несколько колёс (рис. 1).

В XVIII в. происходит массовое развитие обширных горнозаводских районов с водяными колёсами на Урале, Алтае, в Луганске. На водотоках России действовало около 65 тыс. водяных мельниц. По данным опросных листов, мельницы были во всех уездах: от одной до трех в каждой волости или приходе. До XIX в. в основном строились водяные мельницы. Ветряные мельницы получили широкое распространение лишь в XIX – начале XX вв. В разных губерниях их стало примерно в 2...4 раза больше, чем водяных. В то же время, например, в Сибири, в Ангаро-илимском бассейне, а также в Предбайкалье ветряных мельниц практически не было [3].

Вплоть до 1917 г. водяное мельничное колесо в России оставалось основным двигателем, а турбины использовались весьма ограниченно. Водяные мельницы во многих традиционных местах России работали в советский период до середины XX в. Строи-

тельство мельниц велось бессистемно и в интересах только их владельца, что зачастую приводило к затоплению и заболачиванию поймы водотока. В 1916 г. только в Олонецкой губернии имелось 857 однопоставных водяных мельниц. В среднем на одну мельницу в год приходилось 3,4 тыс. пудов зерна, а на двухпоставную мельницу, например, в Вытегорском уезде – более 6 тыс. пудов зерна в год. Некоторые мельничные агрегаты функционировали по 70...80 лет. Большинство же из этих водяных мельниц было сооружено уже в XX в. Сейчас об этом напоминают лишь остатки фундаментов мельничных гидроузлов (рис. 2), которые можно встретить в центральной части России, в Московской губернии, на Урале, в Сибири [1]. До 60 г. XX в. в России на широких реках строились также мельничные установки с подвесными водяными колёсами.

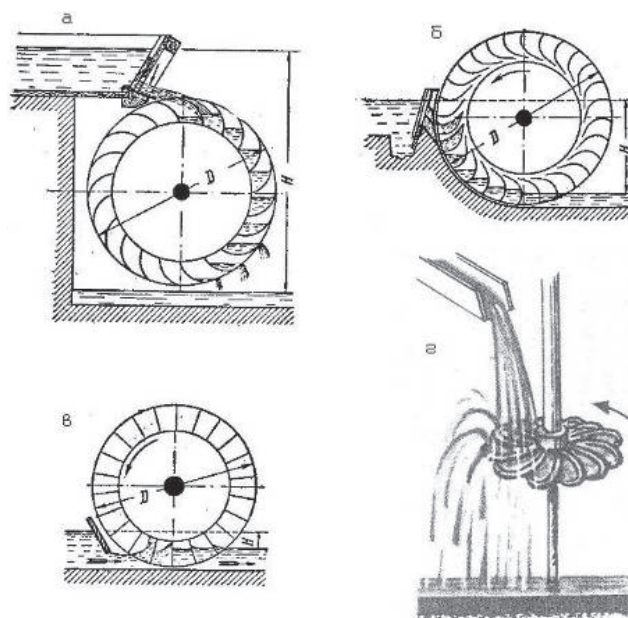


Рис. 1. Схемы основных видов водяных колёс из дерева, применявшихся в России (к.п.д.):  
 а – верхненаливное (0,5...0,8);  
 б – средненаливное (0,6...0,8);  
 в – подливное (пошвенное) (0,3);  
 г – мутовчатое (0,4...0,6)

**Результаты исследований.** В настоящее время работающих в хозяйственных целях деревянных водяных мельниц в России (в отличие от США, Голландии, Германии, Непала, Великобритании, Афганистана, Индии, Японии, Белоруссии и др.) найти не удалось. Имеются только либо единичные музейные экземпляры, либо не действующие реновации (рис. 3): водяная мельница

в ГМЗ «Коломенское» на р. Жужа, г. Москва (2003 г.); в д. Бугрово (Михайловское) (2007 г.); Гужовская мельница в Кенозерье, Архангельская обл. (2006 г.); д. Зехново, Архангельская обл., Кенозерский националь-

ный парк (2008 г.); монастырская подземная мельница в Соловках (реконструкция 2006 г.); музей Хлеба в Болгаре, Татарстан (2012 г.); мельница в с. Красниково Пристенского района Курской обл. (2014 г.) [1].



а



б

**Рис. 2. Остатки мельничных гидроузлов в Московской области, обследование 2008 г. [1]:**

- а – ГЭС на р. Воря у дер. Мишнево в Щёлковском районе;
- б – отводящий канал мельничного водосброса Тарелочкиного пруда на р. Чечера в мкр. Салтыковка в г. Балашиха



а



б



в



г

**Рис. 3. Восстановленные мельничные гидроузлы РФ:**

- а – Псковская область, Пушкиногорский р-н, д. Бугрово, 2007 г.;
- б – на р. Жужа в музее-заповеднике «Коломенское» в Москве, 2008 г.;
- в – на Левусозере в Кенозерском национальном парке, Архангельская область, 2006 г.;
- г – исследованное колесо для мельницы в Бородино, НИИЭС, 2008 г.

Обследования восстановленных мельничных гидроузлов, выполненные в 2006-2015 гг., показали, что эти памятники народной архитектуры практически не выполняют свои первоначальные функции [1, 3]. Так, из-за просчётов гидрологов и конструкторов не работает должным образом мельница на р. Жуже в усадьбе Коломенское в Москве; только относительно недавно мастерам из Саранска удалось запустить водяное колесо мельницы в Михайловском; в Овстуге, музее-усадьбе Ф.И. Тютчева, вода к колесу не подведена и т.д. [4]. Правда, есть отдельные действующие водяные колёса или малые ГЭС с турбинами типа Банки или Тайсона (например, в Сачхерском районе на Кавказе), водяная мельница Г. Стерлигова в Карабахе.

За рубежом водяные мельницы работают и входят в состав музеев и различных фондов, являясь основой инфраструктуры туристического комплекса. Не менее тысячи мельниц до сих пор работают в Голландии (Музей под открытым небом «Заансе Сханс», Музей мельниц в городке Ког-ан-де Зан, Национальный музей мукомольных мельниц «Схиедам» и водяных мельниц «Схермер»). Они работают главным образом в туристический сезон, но до сих пор выполняют ряд важных функций: «De Gekroonde Poelenburg» – лесопилка, «De Kat» – производство сырья в красильной индустрии, «De Zoeker» и «De Bonte Hen» – сбивание масла, «De Huisman» – горчичная мельница, «De Hadel» – дренажная мельница, «Schiedam» – обработка зерна для производства джина; есть мельницы для производства бумаги, башмаков и проч. На территории Международного музея ветряных и водяных мельниц, занимающего около 16 га в маленьком городке Гифхорн в Германии, на настоящий момент представлены 16 мельниц из 12 стран, каждая в окружении типичного для нее ландшафта [1].

Сегодня в странах с развитой энергетикой исторические мельницы активно восстанавливаются как микро-ГЭС. В основном они работают в демонстрационных целях (например, «Wayside Inn» в США). Однако в последние годы водяные колёса в Великобритании, Германии и США адаптируются для производства электроэнергии. Например, металлические водяные колёса немецкой фирмы Бургер-ГЭС способны вырабатывать не менее 20 кВт электроэнергии, фабрики «Waterwheel» – в среднем от 4 до 7 кВт. В ряде

развивающихся стран водяные мельницы по-прежнему широко используются для помола зерна (примерно 25000 водяных мельниц действуют в Непале и 200000 – в Индии). В настоящее время разрабатывается конверсионный проект получения 2,5 гигаватт от 200000 водяных мельниц в Гималаях. Разрабатываемые в рамках международного проекта «HYLOW», в котором новые конструкции и технологии конвертора энергии и водяных колёс предполагается оценивать по возможности их применения в развивающихся странах, где особый акцент делается на использование местных материалов, имеющегося производства и эксплуатации островов. Это будет способствовать использованию потенциала малых рек и ирригационных систем для нужд сельской электрификации.

Если учесть, что предполагаемый период окупаемости составляет для верхненаливных колёс 7,5 года и 12...14 лет для нижнебойных, то водяные колёса, по мнению зарубежных специалистов, могут быть экономически интересным вложением даже в индустриальных странах. Ряд немецких учёных: Г. и В. Мюллер, К. Каупшерт, С. Вольтер, М. Трогер, Р. Вейманн, М. Фонфред, С. Вайднер и др. – доказали, что восстановленные водяные колёса, хотя и чуть менее эффективны, чем современные низконапорные турбины, но могут работать в широком диапазоне изменения характеристик водного потока, в том числе и при напоре менее 0,5 м. При этом отрицательное воздействие на экологию у водяных колёс значительно ниже, чем у турбин [5].

Для использования низких напоров в РФ отдельные исследователи тоже предлагают применять металлическое водяное колесо как надёжный, компактный и экологически чистый гидродвигатель (Б.С. Блинов, Е.С., Бирюков, Ю.М. Новиков, М.И. Логинов, Г.В. Трещалов, В.М. Лятхер и др.). Но они рассматривают его как отдельный утилитарный элемент, не увязанный с историко-художественным обликом и этнографически-архитектурным аспектом всего водного комплекса.

Анализ имеющихся источников литературы показывает, что устройство водяных колёс и их характеристики не изучены досконально [1-4]. Нет объективных рекомендаций по границам их применения, не выявлены оптимальные эксплуатационные режимы их работы, не выполнено сопоставление энергетического потенциала колёс

с турбинами различных типов. В современной учебной и научной литературе по гидравлике и гидроэнергетике они не упоминаются, а в старых изданиях информация о водяных колёсах минимальна. Данные об особенностях работы деревянных колёс утеряны. В настоящее время отсутствуют отечественные публикации по методам конструирования, расчёта и по опытным характеристикам верхненаливных колёс. Нет научно обоснованных рекомендаций по области применения и габаритам различных видов деревянных и металлических водяных колёс. Зачастую они проектируются с использованием методов расчёта, разработанных более 100 лет назад. По средненаливным и нижнебойным колёсам какие-либо рекомендации практически отсутствуют

не только в отечественных, но и в зарубежных публикациях. Это объясняет и то, что мельницы-новоделы, выполненные по старинным аналогам, не работают.

Анализ практики современного мирового гидротехнического строительства и исторический опыт использования мельничных гидроузлов позволяют вычлнить ряд аспектов современного использования водяных мельниц в России (рис. 4) [1, 4]. Устройство мельниц на водотоке и водоёме положительно сказывается на обогащении пруда кислородом и его зарыблении. Доказано, что медленно вращающиеся лопатки водяного колеса до 10...20% обеспечивают дополнительную аэрацию потока, создают проточность в водоёме или каскаде прудов и практически безопасны для рыб.



Рис. 4. Современные аспекты использования водяных колёс и мельниц

Следует отметить, что одной из определяющих составляющих ландшафтов европейской территории России с XVI по XX вв. являлись русские усадьбы (царские и дворянские). Например, для столичного мегаполиса наиболее разнообразными и насыщенными водными сооружениями были террасовые парковые комплексы, расположенные в долинах рек (усадьбы Лефортово, Коломенское, Царицыно, Братцево и др.). В них располагалось большое количество специализированных гидротехнических сооружений: каскады прудов, фонтаны, водяные мельницы, мосты, гроты, родники, лестничные сходы, балюстрады, острова, бассейны и т.д. В последние десятилетия усадебные дворянские комплексы-памятни-

ки как в мегаполисе, так и в РФ находятся на грани уничтожения или деградации. Разрушаясь физически и морально, они теряют как художественную ценность, так и свою целостность как ансамбля. Представляется архиважным для сохранения памяти, культурного и исторического ландшафта, улучшения экологической ситуации в районе расположения водного объекта и повышения комфортности проживания населения в условиях урбанизированных территорий сохранение усадебных дворянских комплексов-памятников. Главной тенденцией при этом должно быть максимальное проявление всей исторической составляющей территории усадьбы и парка с предложениями и рекомендациями по сохранению их

границ, планировки, функциональных зон, природных и искусственно созданных озеленённых пространств, ценных культовых и гидротехнических сооружений.

В соответствии с долгосрочной программой [1] Правительством Москвы ранее планировалось к 2020 г. для раскрытия туристского потенциала, наряду с реставрацией главных домов усадеб, построек хо-

зяйственного двора, садово-парковых сооружений (мостов, ротонд, павильонов, родников и т.д.), воссоздать в Москве усадебные пруды, а на некоторых – восстановить и мельницы (Царицыно, Братцево, Алёшкино подворье, Влахернское-Кузьминки, Измайлово и др.) (рис. 5). Однако ввиду финансовых трудностей пока эта программа не работает [4].

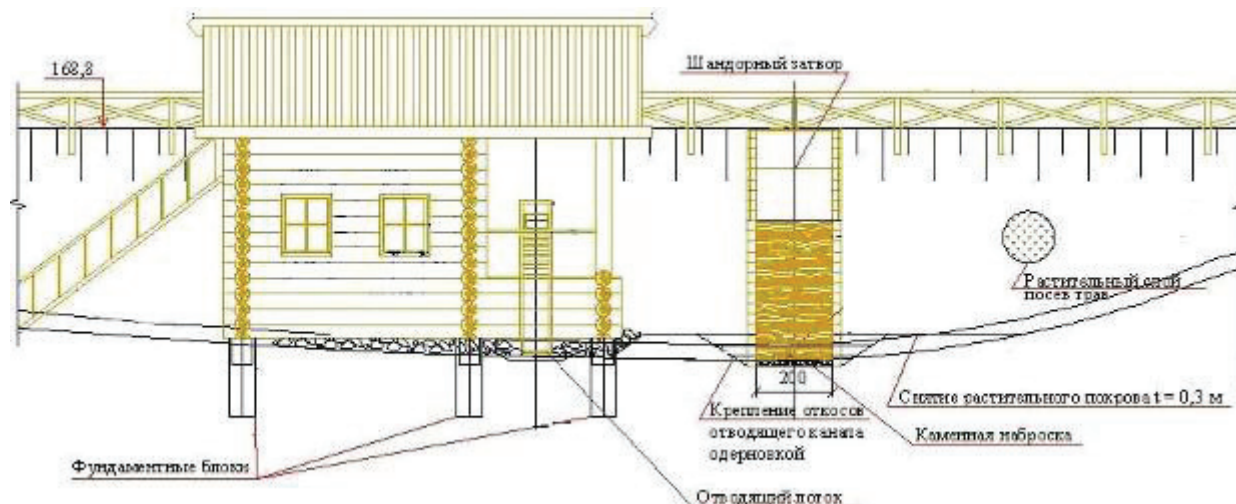


Рис. 5. Вид с нижнего бьефа на мельничный гидроузел в усадьбе Чернево (Бутово, Москва), рук. О. Черных, 2015

Системный подход к разработке тематических историко-художественных туристических городских экскурсионных программ, предполагающих «погружение» туристов в исторические события, их непосредственное участие в историко-художественных театрализованных программах и действиях позволили бы получить яркое представление о культурном потенциале и вековых традициях нашего народа и её столицы. Так, после восстановления плотины и мельницы, вырабатывающей электроэнергию, на Борисовском пруду в Царицынском парке предлагается включить их в единый экскурсионный маршрут, здесь же планируется открыть музей гидротехники.

Представляется целесообразным использовать воссозданные на историческом месте здания мельниц в качестве не только музеев народного быта, но и в качестве музеев мукомолья, действующих экспонатов различных видов других древних производств, для реанимирования заброшенных заводов и фабрик (Ивантеевка, Момино, Балашиха и проч.), восстановив старинные технологии с привлечением современных достижений техники. Внутри амбарного помещения, соседствующего с мельницей или

на прилегающих к ней площадках, можно разместить небольшие торговые точки с сувенирами, элементами национального быта, продуктами производств, работающих рядом народных умельцев, блинные либо чайные с традиционной русской или местной кухней, с музыкальными выступлениями небольших фольклорных групп, чтением произведений известных местных авторов, оригинальными музейными экспозициями и т.п. Можно организовать школы ремёсел, места для самостоятельного изготовления сувениров своими руками, активного участия в мукомольном процессе, проводить квесты и фестивали по разнообразным ремёслам. Кроме пекарни, харчевни, музея деревенского быта и торговой точки с выпечкой или продуктами с ближайшей фермы, можно устроить гостиницу, но для этого необходимо сделать мельницу не макетом, а действующим экспонатом.

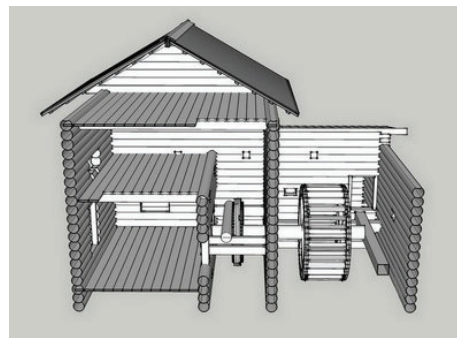
Опыт организации такого экологического туризма уже накоплен в туристических компаниях, занимающихся путешествиями по рекам и озёрам России. Например, в городах Углич, Мышкин, Рыбинск, Касимов, Кижы, Соловки и др. посещение мельниц, правда, пока не выполняющих

производственные функции, входит в экскурсионную программу круизов. Ряд энтузиастов-студентов вместе с преподавателями университетов (МГСУ, ИрГТУ, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева) при поддержке администрации губерний и спонсоров разрабатывает эскизные проекты и участвует в восстановлении работающих мельниц и мельничных прудов (рис. 6). Например, проекты восстановления водных систем и мельничных комплексов ряда исторических объектов (усадеб Чернево, Царицыно,

Ново-Иерусалимский монастырь и др.), разрабатываемые в выпускных работах МГСУ и РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, обсуждались и согласовывались с местной администрацией. А в ноябре 2015 г. в селе Лох Новобурасского муниципального района Саратовской области заработала после реставрации по эскизному проекту студентов (Л. Прудилиной и В. Агальцова, рук. проф. В. Волшаник, 2012 г.) водяная мельница середины XIX в. Но пока таких работ – единицы.



а



б

Рис. 6. Восстановление мельниц по проектам студентов:

а – с. Лох, Новобурасский район Саратовской области, МГСУ, 2012-2015 гг. (рук. В. Волшаник);

б – проект в д. Бугульдейка, Байкал, Иркутск, ИрГТУ, 2013-2016 г. (рук. С. Перевозников)

Важно сохранить «...уважение к минувшему...» – следы деревенской культуры, чтобы люди, и особенно молодёжь, видели не только превращённые в музей усадьбы дворян, но и объекты крестьянского быта. В этом ряду водяная мельница – весьма привлекательный элемент для туристов и экскурсантов, склонных к активному, познавательному отдыху на природе.

### Заключение

Реставрация и восстановление русских усадеб XVI-XVIII вв., в том числе их водных объектов, является важнейшим этапом в становлении и развитии национального самосознания народа. Чтобы не прерывалась связь веков, а наша культура и традиции не становились беднее, целесообразно восстановить водяные мельницы, особенно в исторических местах. Кроме того, восстановление мельниц в старинных усадьбах будет способствовать и сохранению природных ландшафтов.

Исторический опыт строительства и эксплуатации водяных мельниц на малых реках России может быть использован

в наше время не только при восстановлении старинных усадебно-парковых водных систем (их только в столице насчитывается около 150), но и при создании туристско-рекреационных зон Москвы, региона и всех губерний РФ (Царицыно, Ясная Поляна, Ново-Иерусалимский монастырь, Мураново, Бородино и др.), а также как стилизованный локальный источник энергии в удалённых поселениях и фермерских хозяйствах при организации объектов экотуризма в России.

К сожалению, инициатива МГСУ, ОАО НИИЭС и РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева по восстановлению водяных мельничных гидроузлов, которая была предложена для развития малой российской энергетики, пока не нашла достойного воплощения. Критическое использование технического опыта, накопленного в прошлом, а вместе с тем и бережное использование сохранившихся гидротехнических сооружений того времени, будут достойной оценкой замечательных дел русских гидротехников XVI...XIX вв.

Очевидно, что и в настоящее время усовершенствованное водяное колесо может

служить важным гидравлическим преобразователем энергии с разным целевым использованием. Восстановленный мельничный комплекс может стать одновременно новым миксированным центром рекреации и современной коммерции, поможет создать необходимую туристическую инфраструктуру, значительно повысит туристическую привлекательность Московского региона и придаст туризму в разных регионах РФ событийный и познавательный характер.

#### Библиографический список

1. Черных О.Н., Румянцев И.С., Алтунин В.И. Использование водяных мельниц при восстановлении и экологической реабилитации водных систем. М.: Изд-во МГУП, 2010. 369 с.
2. Волшаник В.В., Юрченко А.Н. Конструкции водяных и ветряных мельниц России XIX-XX веков. М.: Изд-во АСВ, 2010. 344 с.
3. Черных О.Н., Алтунин В.И., Волшаник В.В., Пьявкин С.В. Водяные мельницы – памятники культуры и истории техники России / Труды конгресса Великие реки. Т. 2. ННГАСУ, 2013. С. 386-389.

#### O.N. CHERNYH

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university–MAA named after S.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

#### V.V. VOLSHANIK

Federal state budgetary educational institution of higher education «National research Moscow state building university», Moscow, Russian Federation

## ROLE OF WATER MILLS IN RESTORATION HISTORICAL LANDSCAPES

*The article discusses the main perspectives and aspects of reconstruction and use of water mills during restoration and ecological rehabilitation of water systems in various landscapes. There are given results of the role analysis of historical water mill hydroelectric units in the development of civilization tourism in the Moscow region and in Russia. Their great touristic potential is marked in the formation of historical, cultural and natural-recreational zones for a full rest, cognitive and cultural leisure time of the population. Brief information on the main water mills, reconstructed and built in Russia at the moment is given. The review of modern use of water wheels abroad is given. The options for using water wheels of Russian and European types are considered when creating and forming museums of manor and peasant culture and way of life, while developing programs for the preservation and revival of industrial architecture monuments in the preserved natural and historical and cultural environment as an object of excursion display of reconstituted water mills. Variants of technical solutions and possibilities for increasing the efficiency of water wheels are discussed when using hydroelectric converters for a very low head on the basis of water wheels. The absence of domestic publications on the methods of construction, calculation and experimental characteristics of upper, medium and low-bottom wheels, scientifically grounded recommendations for the use of water mills in modern conditions has been revealed. The main directions of their renovation and ways of revival of the Russian cultural landscape are proposed.*

*Water mills, water wheel, hydraulic engine, Russian farmstead, historical landscape, ecological rehabilitation and restoration of water objects.*

4. Черных О.Н., Алтунин В.И. Области применения водяных колёс и водяных мельниц в современном гидротехническом строительстве // Научно-практический журнал «Вопросы мелиорации». № 1-2. ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2011. С. 41-55.

5. Muller, Kauppert. Performance characteristics of water wheels // Journal of Hydraulic Research. Vol. 42. № 5. 2004.

Материал поступил в редакцию 03.05.2017 г.

#### Сведения об авторах

**Черных Ольга Николаевна**, кандидат технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44; тел.: 8(499)9762460; e-mail: gtsmgup@mail.ru

**Волшаник Валерий Валентинович**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; тел.: 8 (916) 6201376; e-mail: tvg1806@gmail.com



## References

1. Chernyh O.N., Rumyantsev I.S., Altunin V.I. Ispol'zovanie vodyanyh meljnits pri vosstanovlenii i ecologicheskoy reabilitatsii vodnyh sistem. M.: Izd-vo MGUP, 2010. 369 s.

2. Volshanik V.V., Yurchenko A.N. Construc-tsii vodyanyh i vetryanyh meljnits Rossii XIX-XX vekov. M.: Izd-vo ASV, 2010. 344 s.

3. Chernyh O.N., Altunin V.I., Volshan-ik V.V., Pjavkin S.V. Vodyanye meljnit-sy – pamyatniki kul'tury i istorii tehnik Rossii / Trudy congressa Velikie reki. T. 2. NNGASU, 2013. S. 386-389.

4. Chernyh O.N., Altunin V.I. Oblas-ti primeneniya vodyanyh koles i vodyanyh meljnits v sovremennom hidrotehnicheskom stroitelljstve // Nauchno-practichesky zhurnal «Voprosy melioratsii». № 1-2. FGNU TSNTI «Meliovodinform», 2011. S. 41-55.

5. Muller, Kauppert. Performance char-acteristics of water wheels // Journal of Hy-draulic Research. Vol. 42. № 5. 2004.

The material was received at the editorial office  
03.05.2017 g.

## Information about the authors

**Chernyh Olga Nikolaevna**, candidate of technical sciences, professor of the chair of hydraulic engineering structures FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, 44; tel.: 8(499)9762460; e-mail: gtsmgup@mail.ru

**Volshanik Valerij Valentinovich**, doc-tor of technical sciences, professor of FSBEI HE «National research Moscow state research state building university», 129337, Mocow, Yaroslavskoe shosse, 26; tel.: 8 (916) 6201376; e-mail: tvg1806@gmail.com

УДК 502/504:624.042:627.8

**В.П. ШАРКОВ, Б.М. БАХТИН, П.З. МЕТЕЛЬСКИЙ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация»

## ДАВЛЕНИЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЯЧЕЙСТОЙ КОНСТРУКЦИИ И ЕГО СВЯЗЬ С ФОРМОЙ ЭПЮРЫ В УСЛОВИЯХ УКЛАДКИ БЕЗ УПЛОТНЕНИЯ

*Целью исследований является изучение давления заполнителя на основание в сооружениях ячейстой конструкции, определяющего их устойчивость и прочность, в зависимости от формы эпюры. В статье использован аналитический метод исследований экспериментальных данных. Установлено, что для песчаных грунтов эпюра давления может иметь формы, близкие к эллипсоиду или параболоиду вращения. Это наблюдается в опытах различных авторов независимо от степени шероховатости стен, формы ячеек в плане и вида заполнителя. Для эпюр параболической формы давление оказывается меньшим, чем при эллиптической, что объясняется разной величиной коэффициента неравномерности, входящего в параметр Янсена в его формуле и равного соответственно 0,63...0,64 и 0, 69...0,71. При этом сам параметр Янсена практически не зависит от этих форм и при шероховатых стенках у разных авторов составляет 0,22-0,23. При заполнении ячеек галькой эпюра давления имеет форму, близкую к равномерной, с ординатой, равной главному максимальному напряжению.*

*Гидротехнические сооружения, ячейки, заполнитель, опыты, давление, анализ, форма эпюр, расчетные параметры.*

**Введение.** Устойчивость на сдвиг яче-истых гидротехнических сооружений сдвигу зависит от вертикального давления грун-тового заполнителя на основание. Поэтому точное его определение важно при расчет-ном обосновании таких сооружений [1].

Известно, что на вертикальное давление в ячейках оказывает влияние шероховатость их стен. Кроме того, на его величину может влиять форма ячейки в плане, вид заполните-

ля, способ укладки грунта (например, на Жи-томирской плотине грунт насыпали без уплот-нения, сбрасывая с некоторой высоты, в боль-шинстве других сооружений его уплотняли).

Вертикальное давление заполните-ля и определяющие его расчетные параме-тры в различных условиях должны быть непосредственно связаны с формой эпюры. Об этом, как будет показано ниже, свиде-тельствует один из коэффициентов, вхо-