

В.В. Волшаник А.Н. Юрченко

## КОНСТРУКЦИИ ВОДЯНЫХ И ВЕТРЯНЫХ МЕЛЬНИЦ РОССИИ XIX - XX ВЕКОВ



**Библиотека  
научных  
разработок и  
проектов МГСУ**

**В.В. Волшаник, А.Н. Юрченко**

# **КОНСТРУКЦИИ ВОДЯНЫХ И ВЕТРЯНЫХ МЕЛЬНИЦ РОССИИ XIX–XX ВЕКОВ**



**МГСУ**

Издательство Ассоциации строительных вузов

Москва

2010

#### Рецензенты:

главный редактор журнала «Гидротехническое строительство», член-корреспондент Российской инженерной академии *Лалин Г.Г.*; заведующий кафедрой гидротехнических сооружений Московского государственного университета природообустройства, президент Российской академии водохозяйственных наук, доктор технических наук, профессор *Румянцев И.С.*

**Волшаник В.В., Юрченко А.Н.**

КОНСТРУКЦИИ ВОДЯНЫХ И ВЕТРЯНЫХ МЕЛЬНИЦ РОССИИ XIX–XX ВЕКОВ /  
Монография. – М.: Издательство АСВ, 2010 – 344 с.

ISBN 978-5-93093-794-7

В монографии кратко изложена история строительства водяных и ветряных мельниц в России в прошедшие века. Приведены сведения о конструкциях и методах подбора основного оборудования, строительных и гидротехнических сооружений ветряных и водяных мельниц — жерновых пар, механических передач, водяных и ветряных колес, плотин, лотков и других устройств. Даны рекомендации по эксплуатации оборудования и сооружений мельниц. Книга может быть полезна лицам и организациям, проявляющим интерес к воссозданию исторических ландшафтов, к улучшению экологической ситуации на малых реках.

*Рекомендовано Научно-техническим советом МГСУ*

ISBN 978-5-93093-794-7

© Волшаник В.В., Юрченко А.Н., 2010

© МГСУ, 2010

© Оформление, Издательство АСВ, 2010

#### Научное издание

Валерий Валентинович **Волшаник**  
Александр Николаевич **Юрченко**

### КОНСТРУКЦИИ ВОДЯНЫХ И ВЕТРЯНЫХ МЕЛЬНИЦ РОССИИ XIX–XX ВЕКОВ

Верстка: *Т. Кузьмина, Е.М. Лютова*

Редактор: *В.Ш. Мерзлякова*

Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 70×100/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. 21,5 п.л. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511  
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru), <http://www.iasv.ru/>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	<b>6</b>
<b>Введение</b> .....	<b>8</b>
<b>Раздел I. ЗЕРНО И ЖЕРНОВА</b> .....	<b>11</b>
<b>Глава 1. Зерно и оборудование для его помола</b> .....	<b>11</b>
1.1. Строение и свойства зерна пшеницы и ржи.....	11
1.2. Вещества зерна .....	13
1.3. Что такое мука.....	14
1.4. Как получить белую муку .....	16
1.5. Как подготовить зерно для помола .....	19
1.6. Мельничные машины .....	22
1.6.1. Технологическое оборудование подготовительного отделения.....	22
1.6.2. Технологическое оборудование размольного отделения.....	27
1.6.3. Транспортирующие машины .....	34
1.7. Аспирационное оборудование.....	35
1.8. Организация сортового помола зерна.....	36
1.9. Как испытать муку .....	40
1.10. Хранение муки .....	43
<b>Глава 2. Жернова</b> .....	<b>45</b>
2.1. Жерновые поставы.....	45
2.2. Жерновые камни и материал для них .....	48
2.3. Разбивка рабочей поверхности на пояса и борозды .....	50
2.4. Наковка жерновов .....	54
2.5. Выверка положения бегуна на веретене.....	55
<b>Раздел II. ВОДЯНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ</b> .....	<b>57</b>
<b>Глава 3. Плотина в составе мельничного комплекса</b> .....	<b>57</b>
3.1. Краткая история российских водяных мельниц .....	57
3.2. История плотиностроения. Взгляд в древность...	64
3.3. Основные типы плотин из местных материалов .....	70
3.4. Особенности проектирования и строительства плотин .....	79
<b>Глава 4. Водопускные сооружения в составе     мельничных комплексов</b> .....	<b>90</b>
4.1. Краткая ретроспектива конструкций водосбросных сооружений.....	90
4.2. Возможные типы водосбросов в составе сооружений при мельничных прудах .....	98
4.3. Основы расчетов водопускных сооружений .....	103

4.4. Другие конструкции в составе гидротехнических сооружений мельничного комплекса.....	110
<b>Глава 5. Водяные колеса .....</b>	<b>116</b>
5.1. Краткие исторические сведения о развитии конструкций водяных колес .....	116
5.2. Основные типы водяных колес .....	126
5.2.1. Общая характеристика водяных колес.....	126
5.2.2. Подливные (нижнебойные) колеса.....	133
5.2.3. Средненаливные (средненабойные, полуналивные) водяные колеса .....	140
5.2.4. Верхнебойные (верхненаливные) водяные колеса .....	144
5.3. Изготовление водяных колес.....	149
<b>Глава 6. Конструкции, материалы, технологии и особенности архитектуры водяных мельниц.....</b>	<b>177</b>
6.1. Краткие исторические сведения о развитии строительного искусства на Руси.....	177
6.2. Архитектура водяных мельниц и их внутренняя планировка .....	183
6.3. Конструкции и материалы, используемые в современном малоэтажном строительстве.....	191
<b>Раздел III. Ветряные мельницы.....</b>	<b>209</b>
<b>Глава 7. Башни и шатры.....</b>	<b>209</b>
7.1. Краткие исторические сведения .....	209
7.2. Ветряные мельницы в Российском государстве ..	218
7.3. «Современные» ветряные мельницы .....	219
7.4. Шатер и башня мельниц ВИМЭ.....	226
7.5. Ветряная мельница «ВИМЭ Д-12».....	230
7.6. Ветряная мельница усовершенствованного типа «ВИМЭ Д-16» .....	236
<b>Глава 8. Ветряные колеса.....</b>	<b>242</b>
8.1. Определение мощности ветряного колеса и производительности мельницы .....	242
8.2. Крылья для ветряных мельниц по рекомендациям Е.М. Фатеева.....	251
8.3. Подъем крыльев .....	272
8.4. Шестикрылые ветряные колеса.....	276
<b>Глава 9. Валы и передачи, управление и эксплуатация ветряных мельниц .....</b>	<b>278</b>
9.1. Главный вал .....	278
9.2. Вертикальный вал .....	279
9.3. Ведущее колесо главного вала и цевочная шестерня вертикального вала. Нижняя передача.....	282

9.4. Тормоз для ветряных мельниц .....	292
9.5. Устройство автоматического регулирования высоты щели между рабочими поверхностями жерновов и притока зерна .....	293
9.6. Как применить ветряные мельницы для работы с сельскохозяйственными машинами .....	298
9.7. Обслуживание ветряной мельницы .....	308
9.8. Количество материала, необходимого для постройки ветряных мельниц .....	310
<b>Глава 10. Самодельные ветродвигатели и ветроэлектрические станции .....</b>	<b>314</b>
10.1. Деревянный ветряной двигатель В.П. Давыдова для сельского водоснабжения .....	314
10.2. Ветроэлектрический агрегат на садовом участке.....	321
10.2.1. Нужен ли вам ветроэлектроагрегат? .....	321
10.2.2. Выбор места установки ветродвигателя .	322
10.2.3. Конструкция мачт ветродвигателя .....	323
10.2.4. Выбор устройства, утилизирующего энергию ветра .....	329
10.2.5. Выбор электрогенератора.....	331
10.2.6. Передача механической энергии в ветродвигателях .....	334
10.2.7. Использование гидропередач в ветродвигателях.....	335
10.2.8. Расчет мощности ветросиловой установки.....	337
10.2.9. Самодельное изготовление пропеллера ..	339
10.2.10. Ветродвигатель с двухрядным пропеллером.....	340
10.2.11. Простейшая схема зарядки аккумулятора .....	341
<b>Литература .....</b>	<b>342</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Попробуйте хотя бы мысленно представить себе традиционный сельский ландшафт России. Образ этого ландшафта начинает формироваться еще в детстве. Уже с «Букваря» и «Родной речи» мы создаем свое собственное представление о нашей стране, ее пейзажах. Вспомним строки, написанные И.С. Тургеневым: *«Далеко видно кругом. Вон за рощей деревня; вон подальше другая с белой церковью, вон березовый лесок на горе; за ним болото, куда вы едете... Стадо потянулось из деревни к вам навстречу. Вы взобрались на гору... Какой вид! Река вьется верст на десять, тускло синяя сквозь туман; за ней водянисто-зеленые луга; за лугом пологие холмы; вдали чибисы с криком вьются над болотом; сквозь влажный блеск, разлитый в воздухе, ясно выступает даль... не то, что летом» («Лес и степь»)*.

Нельзя представить себе русский ландшафт без мажорных церквей и высоких колоколен, перекликающихся с другими храмами, расположенными в соседних селах. В Центральной части России важную роль в организации сельского ландшафта XVIII–XIX вв. играли дворянские усадьбы с их дворцами и парками, прудами и разнообразными парковыми устройствами – беседками, мостиками и плотинами. И, конечно, необходимо помнить еще об одном, очень существенном элементе русского сельского ландшафта. Я имею в виду мельницы. Их роль в формировании образа ландшафта всегда была чрезвычайно велика. Это нашло отражение в фольклоре, русской литературе, музыке и, конечно, в изобразительном искусстве. Когда мы вспоминаем о Русском Севере, то его отличительной чертой, наряду с деревянными церквями, крестьянскими домами, нередко воспринимающимися как дворцовые сооружения, являются ветряные мельницы. И сейчас еще в некоторых районах мы можем увидеть остатки этих чрезвычайно интересных и впечатляющих строений. Для меня таким откровением была деревня Кимжа, расположенная в Архангельской области, недалеко от реки Мезени. В этой деревне сохранились не только уникальные крестьянские сооружения – дома, амбары, деревянная церковь, кресты, но и конструкции деревянных ветряных мельниц. Конечно, таких деревень, как Кимжа, остались единицы. А еще недавно, каких-нибудь сто лет тому назад, ветряные мельницы были своеобразной визитной карточкой северных регионов России.

Очень важную роль в русском сельском ландшафте играли водяные мельницы. Они были распространены повсеместно – и на севере России, и в ее центральных регионах, и на юге страны. Многие малые реки представляли из себя множество соединенных друг с другом небольших прудов, образованных мельничными плотинами. Обратимся еще раз к И.С. Тургеневу. *«У многих русских рек, наподобие Волги, один берег горный, другой луговой; у Исты тоже. Эта небольшая речка вьется чрезвычайно прихотливо, ползет змеей, ни на полверсты не течет прямо, и в ином месте, с высоты крутого холма, видна верст на десять с своими плотинами, пруд-*

дами, мельницами, огородами, окруженными ракушками и густыми садами...» («Ермолай и мельничиха»).

Некоторые из таких плотин располагались на территории дворянских усадеб. Кстати, одна из первых советских электростанций была расположена на месте бывшей мельницы, устроенной в усадьбе Ярополец Чернышевых. Конечно, для многих людей мельницы – это символ ушедшей эпохи, которая исчезла бесследно и уже никогда не вернется. Однако есть страны, где мельницы до сих пор остаются символом страны. Я имею в виду Голландию. И, судя по путевым заметкам многих людей, путешествующих по странам современной Западной и Центральной Европы, отношение к старинным мельницам остается очень серьезным и внимательным. Конечно, многие мельницы сохранили лишь внешний вид и используются как рестораны, культурные центры, визит-центры. Но сегодня уже заметна новая тенденция, когда интерес к мельницам не ограничивается их экстерьером. Многие люди хотят узнать, как эти мельницы работают, попробовать самому принять участие в мукомольном производстве. И эта тенденция начинает распространяться и в России. Инициатором продвижения мельниц по российскому пространству выступают национальные парки и музей-заповедники. Среди них музей-заповедник А.С. Пушкина в Михайловском, Кенозерский национальный парк, музей-заповедник «Коломенское». Я думаю, что это движение будет подхвачено администрациями исторических городов, которые начинают реализовывать программу по развитию на своей территории туризма. При этом уже сейчас возникают чрезвычайно интересные проекты по совмещению «настоящих», действующих мельниц с театрами, концертными площадками, ресторанами. Все это свидетельствует о том, что интерес к строительству новых мельниц, воссозданию исторических образцов, к реставрации сохранившихся строений, будет только расширяться. Появится потребность в специалистах, понимающих толк в строительстве мельниц, в их эксплуатации. Таким образом, становится понятно, что книга, посвященная, казалось бы, чисто техническим и историко-инженерным проблемам, становится чрезвычайно актуальной и важным шагом на пути возрождения русского культурного ландшафта, ее традиционной культуры.

*Ю.А. Веденин*, доктор географических наук, профессор, директор Российского научно-исследовательского института культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева



## ВВЕДЕНИЕ

История применения человеком водяных колес и ветряных парусов насчитывает более 3000 лет. Около 2000 лет водяными колесами и более 1000 лет ветряными колесами оборудуются мельницы для помола зерна в муку. В не столь давние времена практически весь урожай зерновых перерабатывался в муку исключительно на водяных и ветряных мельницах, одна мельница строилась на 50–20 сельских домов или даже чаще.

Однако подобно тому, как силы воды и ветра вытеснили в свое время с мельниц силу человека и животных, так и сами эти природные силы были вытеснены уже в недавнее время сначала силой пара, а затем, и наиболее успешно, силой электричества. Универсальность электрической энергии решила все проблемы, связанные с местным характером и изменчивостью во времени энергии воды и ветра.

Но если обратить свой взор хотя бы на столетие назад, то привычной картиной на Руси было искрящееся от водяных брызг колесо водяной мельницы, дававшее, в прямом смысле, жизнь человеку. Конечным продуктом мукомольного производства является мука, а следующим звеном была выпечка хлеба, который и по сей день является фактически синонимом слова «жизнь». Поэтому, так же как ветряки на открытых просторах, так и водяные колеса на множестве рек приводили в движение тяжелые каменные жернова и механизмы.

Переход в мельничном деле на электрический привод, а также чрезмерная централизация производства любого продукта, для недавнего периода жизни нашей страны, привели к тому, что на громадной территории Российского государства остались единицы водяных и ветряных мельниц. Да и те являются скорее музейными экспонатами, а не производственными предприятиями. Существовавшие десятки и сотни тысяч ветряных и водяных мельниц обветшали, от большинства из них не осталось и следов. Полностью утерян народный опыт строительства ветряных и водяных мельниц.

Создавшееся положение можно попытаться объяснить, но нельзя признать справедливым. В последние годы обращается все больше внимания, главным образом с позиций сохранения окружающей нас природы, на источники и способы получения электрической энергии. Ведь мельницы с электрическим приводом питаются от электроэнергетической системы, в которой 75% энергии вырабатывается на экологически «грязных» тепловых электростанциях, а 25% – на гидравлических и атомных станциях, экологическая чистота которых также неоспорима. Мельницы, приводимые в действие силами воды и ветра, несравнимо более «чистые» промышленные объекты, так как не причиняют природе практически никакого вреда, и в этом отношении у них нет конкурентов.

Не надо забывать и того, что еще до сих пор очень многие сельские жители являются заложниками системы централизованных поставок муки

и хлеба и часто сидят без того и другого, хотя сами производят зерно и знают, как его надо перерабатывать и использовать.

Происходящие в нашей стране перемены должны обеспечить самостоятельность сельского жителя, в частности, в деле обеспечения себя хлебом. С другой стороны, сельский житель будет внимателен к экономике своего хозяйствования. Высокая стоимость электроэнергии определит возрождение интереса современного российского фермера к использованию для помола зерна водяных и ветряных мельниц.

Строительство водяных и ветряных мельниц и работа на них требуют высокой профессиональной подготовки строителей и мельников-механиков, что имеет для современного села важнейшие достоинства. С точки зрения архитектуры современного села мельницы, наряду с церквями, могут быть определяющим фактором, подчеркивающим красоту человеческой мысли и возможности слияния красоты человеческого жилья с красотой природы. И, наконец, с точки зрения экономики села ветряные и водяные мельницы могут быть важными производственными объектами, позволяющими экономить дорогостоящие электроэнергию и топливо, особенно в тех местах, куда затруднена их доставка в силу отдаленности или труднодоступности.

Возрождению строительства ветряных и водяных мельниц препятствует в первую очередь почти полная потеря необходимых ремесленных навыков. Создавшаяся ситуация постепенно может быть преодолена выпуском специальной и популярной литературы; сейчас такой общедоступной литературы в нашей стране нет. В старые времена профессии строителя мельниц и мельника были одними из самых уважаемых на селе; общественная полезность этих профессий подтверждалась наличием обширной и великолепно изданной литературы по мельничному делу. Справочники мельников-механиков издавались регулярно, начиная с начала XVIII в.

К сожалению, положение изменилось начиная примерно с 1915 г. Выпуск литературы по мельницам практически полностью прекратился и был возобновлен лишь в тяжелые годы Великой Отечественной войны, когда снабжение села электричеством было затруднено и необходимо было наиболее полно использовать местные резервы. Однако в годы послевоенного восстановления народного хозяйства отношение к ветряным и водяным мельницам вновь изменилось, и они оказались забытыми уже до нашего времени. Последним изданиям практического характера по водяным и ветряным мельницам скоро исполнится 60 лет, все они, не говоря уже об изданиях позапрошлого и начала прошлого веков, являются библиографической редкостью и широкому читателю недоступны.

В настоящее учебно-практическое пособие авторы постарались включить достаточно совершенные проекты водяных и ветряных мельниц. Основное условие, которое при этом имелось в виду, заключалось в том, чтобы эти проекты могли быть осуществлены сельскими строителями самостоятельно, с ограниченным привлечением промышленных материалов и

изделий. Этому условию, например, полностью отвечают великолепные практические руководства «Ветряная мельница» (ВИМЭ Д-12) и «Как повысить производительность существующих ветряных мельниц», разработанные авторитетным специалистом по ветряным мельницам и ветродвигателям Е.М. Фатеевым, которые мы практически полностью воспроизводим в этой книге.

В большинстве проектов предусмотрен механический привод жернового постава от водяного или ветряного колеса. В то же время никак нельзя забывать того, что XX и XXI в. – это века электричества, и вполне возможно, что сельский мельник захочет построить себе такую мельницу, где оборудование будет иметь электрический привод. Для такого случая, чтобы сделать мельника независимым от электроэнергетической системы или дать ему возможность сократить затраты на покупку электроэнергии, мы приводим сведения о ветроэлектрических агрегатах, которые также могут быть построены в основном своими силами.

Читатель понимает, что все чертежи и большая часть текста взяты нами из изданий, появившихся на свет в период с конца позапрошлого до середины прошлого веков. И чертежи, и текст подверглись минимальному редактированию. Особенно бережно мы старались отнестись к самым старым текстам, стремились сохранить для читателя неповторимое своеобразие русского технического языка столетней давности. Все размеры, для удобства сегодняшнего использования, из футов, дюймов, аршин, вершков и саженой пересчитаны в метрическую систему, а лошадиные силы – в киловатты.

Авторы надеются, что настоящим пособием смогут воспользоваться и студенты технических вузов, которые в своих курсовых и дипломных проектах могли бы вернуться к идее строительства механических мукомольных мельниц, а позже – и к ее реализации. Авторы уверены, что строительство водяных и ветряных мельниц в российских селах возможно даже не в качестве промышленных объектов, а как памятников истории отечественной техники, позволит хоть немного преобразить облик русского села, придать ему более традиционный вид и при желании воссоздать места общения и отдыха людей.

В своей работе над пособием авторы широко использовали материалы из многочисленных старых изданий, перечисленных в библиографии. Глава 1 пособия написана крупным специалистом в области мукомольного производства, доктором технических наук профессором Г.А. Егоровым; параграф 9.2 – кандидатом технических наук, профессором, русским умельцем Ф.М. Долгачевым.

## РАЗДЕЛ I. ЗЕРНО И ЖЕРНОВА

### Глава 1. ЗЕРНО И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЕГО ПОМОЛА

#### 1.1. Строение и свойства зерна пшеницы и ржи

Хлебопекарную муку получают при помоле зерна пшеницы и ржи. В последнее время в некоторых районах выращивают их гибрид – тритикале, зерно которого по свойствам занимает промежуточное положение между пшеницей и рожью.

Зерно этих трех культур имеет одинаковое строение, в разрезе оно показано на *рис. 1.1*. Основная анатомическая часть зерна располагается внутри зерна и называется эндоспермом; именно из него при помоле получается белая мука.



**Рис. 1.1.** Анатомическое строение зерна:  
1 – эндосперм; 2 – зародыш; 3 – оболочки

Краевой ряд клеток эндосперма называется алейроновым слоем, так как содержит особое вещество – алейроновые зерна; при сортовом помоле этот слой уходит в отруби. Эндосперм окружен оболочками: внешние называются плодовыми, внутренние – семенными. Те и другие состоят из трех различных слоев клеток. Оболочки служат для защиты зародыша и эндосперма от механических повреждений, предохраняют семя от неблагоприятных внешних воздействий.

Зародыш расположен в той части зерна, которой оно прикрепляется к колосу; через него происходит поступление в эндосперм растворенных питательных веществ в процессе развития зерна.

Зерно имеет удлиненную форму, причем со стороны «брюшка» в нем образуется особая складка оболочек, проникающая внутрь эндосперма, – бороздка. Ее присутствие существенно затрудняет помол, так как возникает опасность, что эта часть оболочек будет измельчена вместе с эндоспермом и попадет в муку, что ухудшит ее цвет и свойства.

На противоположном от зародыша конце зерна – верхушечном конце – имеется пучок очень тонких волосков – так называемая бороздка или хоходок.

Зерно ржи тоньше и более продолговато, чем зерно пшеницы.

Содержание эндосперма (без алейронового слоя) в зерне пшеницы находится в пределах от 75 до 85%, в среднем 82,5%; в зерне ржи – от 76 до 81%, в среднем 80%. На долю оболочек приходится 7–8% у пшеницы и 10–12% у ржи, масса зародыша составляет 2–4%.

На содержание эндосперма основное влияние оказывает форма зерна и его крупность. Чем меньше длина зерна и больше его поперечные размеры – ширина и толщина – тем выше доля эндосперма; чем крупнее зерно, тем меньше приходится на долю оболочек и больше на долю эндосперма. Например, при толщине зерна пшеницы от 2,5 до 3,0 мм содержание эндосперма составляет 83–85%, а при толщине 2,0–2,2 мм – не более 80% (обычно даже меньше). Вполне понятно, что при помолу крупного зерна получается больше белой муки и меньше отрубей.

Для хлебопекарного помола пшеницы используют не всякое зерно. Особый тип зерна – твердая пшеница Дурум пригодна только для выработки макаронной муки. Это связано с особыми свойствами его белков, которые при замесе дают очень плотное тесто, и поэтому хлеб получается жестким, с очень плотным мякишем.

Зерно «мягкой» пшеницы различается по стекловидности; стекловидное зерно прозрачно, мучнистое свет не пропускает, а на разрезе имеет мучнистый вид. При помолу стекловидного зерна облегчается выделение крахмалистой части эндосперма в муку, результаты помола выше. Стекловидное зерно особенно хорошо формируется при богарном посеве и в условиях жаркого лета; орошение понижает стекловидность.

Для зерна ржи показатель стекловидности не имеет важного значения – обычно его стекловидность невелика, а полностью стекловидных зерен почти не встречается.

Важное значение имеют внешний вид и цвет зерна. Здоровое зерно должно иметь характерный матовый блеск. При неблагоприятных условиях уборки (например, при лежании зерна в валках в дождливую погоду) или же хранения зерно может обесцветиться. Кроме того, на цвет и свойства зерна могут влиять неправильная сушка, самосогревание, плесневение его и т.п.

Важным технологическим показателем зерна мягкой пшеницы является его твердозерность. Чем выше этот показатель, тем эффективнее идет помол зерна, легче образуется мука, причем ее хлебопекарные свойства также выше.

## 1.2. Вещества зерна

Зерно состоит главным образом из крахмала и белка. Кроме того, определенную долю занимают клетчатка, жиры и минеральные вещества. Особое значение для питания имеют витамины, которые по массе сухих веществ занимают незначительную долю, но являются очень ценными. В *табл. 1.1* приведены данные о среднем химическом составе зерна пшеницы, ржи и тритикале.

*Таблица 1.1*

**Химический состав зерна в % сухой массы**

Культура	Белок	Крахмал	Клетчатка	Жиры	Зольность
Пшеница	10–19	65–75	2–4	2–4	1,5–2,2
Рожь	9–14	60–70	3–5	2–4	1,8–2,3
Тритикале	10–17	60–75	2–5	2–4	1,7–2,2

В последней колонке приведена зольность зерна – особый показатель, напрямую связанный с содержанием минеральных веществ.

По анатомическим частям зерна химические вещества распределены неравномерно. Так, весь крахмал содержится только в эндосперме, взятом без алейронового слоя. В этом слое, а также в оболочках и в зародыше его нет. Зародыш и алейроновый слой богаты белком и жирами, клетчатка находится главным образом в оболочках. Содержание минеральных веществ во много раз выше в оболочках, алейроновом слое и зародыше, чем в крахмалистой части эндосперма. Так, если зольность первых находится на уровне 5–12%, то у последнего – только 0,4–0,6%.

Точно так же распределены и витамины – в основном они сконцентрированы в зародыше и алейроновом слое, потому что их клетки являются жизнедеятельными и обеспечивают семенные свойства зерна.

Из общего количества белка основная масса – до 80% – находится в крахмалистой части эндосперма. Хотя в зародыше его содержание достигает 30–35%, но зародыш занимает всего 2,5% массы сухих веществ зерна в среднем. Это же относится и к алейроновому слою.

Особо важное значение для получения хорошего хлеба имеют белки эндосперма пшеницы. При увлажнении они образуют особое вещество, которое получило название клейковины. Это клейкий упругий комплекс, который определяет свойства теста. Выделяющийся при брожении теста углекислый газ удерживается в тесте клейковиной, в ней образуются его пузырьки. Это и определяет подъем теста и пористость хлеба.

Для ржи и тритикале понятие клейковины не используется, так как в этом случае она формируется с трудом и в особых условиях, вследствие присущих белку этих культур свойств.

Содержание клейковины в пшеничном зерне и муке и ее свойства являются очень важными показателями. Нужно иметь в виду, что свойства

клейковины могут быть ухудшены при неправильной сушке зерна и неблагоприятных условиях хранения.

Понятие «силы» зерна пшеницы связано с его хлебопекарными свойствами и с качеством клейковины.

Внутри эндосперма содержание белка выше в поверхностных слоях, а содержание крахмала – в центральной части. При сортовом помоле мука высшего сорта формируется из центральной части эндосперма, поэтому в ней меньше содержится белка, клейковины, минеральных веществ, витаминов, чем в муке 1-го и 2-го сортов. Наивысшую биологическую полноценность имеет мука простого размола, так как в нее переходят все ценные питательные вещества зерна. Богата она и так называемыми волокнистыми веществами – клетчаткой, которая улучшает работу кишечника.

### 1.3. Что такое мука

Белая мука представляет собой тонко измельченный эндосперм зерна без алейронового слоя. Чем меньше в муке примесь частиц других анатомических частей, тем выше ее сорт. Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта состоит из частиц центральной части эндосперма, а в муке 2-го сорта существенно повышено содержание оболочек и алейронового слоя. Поэтому белизна муки 2-го сорта хуже, она темнее, зольность ее выше, в ней больше жиров, что снижает ее способность храниться, так как на воздухе жиры окисляются и мука приобретает горький привкус. Больше содержит мука 2-го сорта и клетчатки, которая не усваивается человеческим организмом; но наличие тонко измельченных оболочек является полезным, так как эти балластные вещества способствуют выведению из организма различных вредных веществ, так называемых «шлаков». Выше содержание в муке 2-го сорта и белков, и минеральных веществ, и витаминов. Все это означает, что пищевые достоинства муки 2-го сорта выше, чем 1-го сорта, и тем более высшего сорта.

Это же относится и к ржаной муке, а также муке из тритикале. Мука обдирная хуже цветом, но питательнее, чем сеяная.

Наиболее высокими пищевыми достоинствами характеризуется мука простого размола, так называемая обойная мука, когда измельчают все зерно, не выделяя отдельно эндосперм. Поэтому употребление черного хлеба является обязательным в системе рационального питания.

В *табл. 1.2* приведены усредненные данные, характеризующие муку различных сортов.

Кроме химического состава мука разных сортов различается по крупности. Государственные нормы определяют следующие требования к этому показателю: крупность частиц муки пшеничной высшего сорта должна находиться в пределах 100–140 мкм, 1-го сорта – 150–180 мкм, 2-го сорта – 180–220 мкм; ржаной сеяной – 140–180 мкм, обдирной – 180–250 мкм. Крупность частиц муки обойной – от 100 до 1000 мкм, т.е. от 0,1 до 1,0 мм.

Таблица 1.2

**Химический состав хлебопекарной пшеничной и ржаной муки**

Сорт муки	Содержание в % сухой массы					
	Белки	Сырая клейковина	Крахмал	Клетчат- ка	Жиры	Зольность
Пшеничная:						
высш. сорт	10	28	80	0,3	0,2	0,50
1-й сорт	12	32	75	0,5	0,6	0,70
2-й сорт	13	26	78	0,8	1,0	1,20
обойная	14	25	65	2,5	2,5	1,80
Ржаная:						
сеяная	10	–	75	0,6	0,4	0,70
обдирная	11	–	70	1,0	0,8	1,40
обойная	12	–	65	3,0	3,0	1,90

В процессе помолы эти требования обеспечиваются тем, что для получения муки разных сортов используют сита разной густоты (разных номеров – чем выше номер сита, тем мельче отверстия (табл. 1.3 и 1.4).

Хлебопекарные достоинства муки на крупных предприятиях оценивают на специальных приборах; они позволяют испытать свойства теста, которое получается из данной муки. В условиях сельской мельницы использование этих дорогих приборов нецелесообразно. Наилучшим способом является пробная выпечка хлеба и оценка его качества.

Важным показателем хлебопекарного достоинства пшеничной муки служит характеристика ее клейковины. Свойства клейковины в значительной степени определяют «силу» муки и зерна.

Для сильной пшеницы установлено требование, чтобы объем хлебца, выпеченного из 100 г муки, был не меньшим 400 см<sup>3</sup>, причем он должен иметь хорошую форму и упругость.

Из муки со слабой клейковиной нельзя получить хороший хлеб, ее следует использовать только в смеси с мукой из «сильного» зерна.

Таблица 1.3

**Мельничные крупочные сита**

Продукт	Шелковые		Капроновые	
	номер	размер отверстий, мм	номер	размер отверстий, мм
1	2	3	4	5
Крупная крупка	71	1,15	7	1,10
	80	1,00	8	1,01
	90	0,90	9	0,87
	100	0,80	10	0,76
	110	0,71	11	0,68
	120	0,63	12	0,62
	–	–	13	0,60



Продолжение табл. 1.3

1	2	3	4	5
Средняя крупка	130	0,56	14	0,56
	140	0,53	15	0,52
	150	0,50	16	0,48
	160	0,45	17	0,44
	170	0,40	18	0,42
	–	–	19	0,41
	–	–	20	0,39
Мелкая крупка	190	0,36	21	0,37
	200	0,32	23	0,33
Дунсты	230	0,28	25	0,29
	–	–	27	0,26
	250	0,25	29	0,26
	–	–	32	0,23
	280	0,22	25	0,22

Таблица 1.4

#### Мельничные кучные капроновые сита

Отечественные		Швейцарские	
номер	размер отверстий,	номер	размер отверстий,
	мм		мм
38	195	7	200
–	165	8	180
43	165	81/2	160
46	156	9	150
49	143	91/2	140
52	142	–	–
55	132	10	132
58	122	11	118
61	114	12	112
64	106	121/2	1–6
–	–	13	100
70	93	14	95

### 1.4. Как получить белую муку

Итак, для этого нужно так провести помол, чтобы не только измельчить зерно, но в отдельные потоки направить частицы измельченного эндосперма и частицы других анатомических частей зерна. Это означает, что необходимо осуществить избирательное измельчение зерна.

На современных измельчающих машинах – вальцевых станках дробится все зерно. Но его измельчение ведут постепенно, многоэтапно, а полученные продукты каждый раз сортируют по крупности на отсевах, а также по добротности – на ситовечных машинах. При этом стремятся к тому, чтобы оболочки после измельчения получились в виде крупных час-

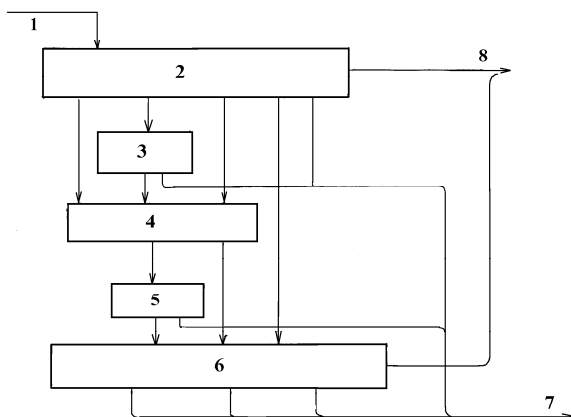
тиц, а эндосперм – в виде мелких продуктов; в этом случае путем просеивания на ситах (в отсевах) можно эти продукты разделить и получить муку – основной продукт помола и отруби – побочный продукт.

Технологическая схема сортового помола пшеницы в хлебопекарную муку включает в себя несколько отдельных процессов, каждый из которых решает самостоятельную задачу.

На первом этапе осуществляют первичное дробление зерна с целью извлечения эндосперма в виде довольно крупных частиц, причем большая часть оболочек направляется в отруби. Этот этап помола определяется у специалистов как драной процесс; название это перешло в современную технологию с тех времен, когда помол велся на жерновах – на них зерно вначале «раздирали».

Выделенные частицы эндосперма получают разной крупности и добротности; часть их представляет собой совершенно чистый эндосперм, и его можно интенсивно измельчить в муку. Другие продукты состоят из таких частиц, у которых имеются и оболочки зерна; эти продукты подвергаются дополнительным операциям: сортированию, обогащению и измельчению в муку, но только после того, как будет обеспечена их сравнительно высокая чистота.

Структурная схема сортового помола пшеницы в несколько упрощенном виде представлена на *рис. 1.2*. На этой схеме стрелками показано направление промежуточных и конечных продуктов помола, вплоть до получения муки и отрубей.



**Рис. 1.2.** Структурная схема сортового помола пшеницы:

1 – зерно после подготовительных операций; 2, 3, 4, 5, 6 – процессы: драной, сортировочный, ситовечный, шлифовочный, размольный; 7 – мука; 8 – отруби

Промежуточные продукты помола в зависимости от крупности частиц классифицируются следующим образом:

крупнее 1,0 мм – отходные продукты, которые постепенно передаются в драном процессе с одной системы измельчения на другую и в конце концов уходят в отруби;

размером от 0,55 мм до 1,0 мм – крупная крупка;

размером от 0,4 мм до 0,55 мм – средняя крупка;

размером от 0,25 мм до 0,4 мм – мелкая крупка;

размером от 0,15 мм до 0,25 мм – дунсты.

Как правило, мелкая крупка и дунсты, полученные в драном процессе, могут сразу же измельчаться в муку, так как в них почти нет оболочечных частиц. Средняя крупка и крупная крупка подвергаются дополнительной обработке на ситовеечных и шлифовочных системах процесса помола. После этих промежуточных операций крупная и средняя крупка превращаются в мелкую крупку и дунсты и направляются в размольный процесс для окончательного измельчения в муку.

Мука извлекается на всех этапах процесса помола, за исключением ситовеечного процесса (в котором можно получить в виде самостоятельного продукта манную крупу). Отруби получают на начальном этапе – в драном процессе и в меньшем размере – в размольном процессе.

Сортовой помол ржи организован намного проще, в технологической схеме присутствуют всего два этапа – драной и размольный процессы, причем последний очень сокращен. Обусловлено такое построение технологии ржаной муки особым строением и свойствами зерна ржи: образующиеся промежуточные продукты при первичном дроблении зерна в подавляющей своей массе состоят из эндосперма вместе с оболочками, так что существенно повысить их добротность в ситовеечном и шлифовочном процессах практически невозможно.

Поэтому обычно в драном процессе извлекают некоторое количество крупок, которые без всякого обогащения размалывают в муку.

Вполне понятно, что приведенная на *рис. 1.2* сложная схема помола может быть реализована только на относительно крупной мельнице. На мельнице малой производительной мощности можно обеспечить только очень сокращенный вариант технологической схемы помола из-за небольшого числа размельчающих и просеивающих машин. На этих мельницах схемы помола, как правило, состоят только из драного и размольного процессов. При этом весь процесс измельчения зерна и промежуточных продуктов организуется иначе, чем на крупных мельницах. Современное технологическое оборудование мельниц позволяет осуществить сортовой помол пшеницы и ржи на небольшом числе размельчающих и просеивающих машин. Например, драной процесс может включать всего две–три системы, а размольный – две системы. На каждой из них осуществляется интенсивное измельчение и сортирование продуктов по крупности, причем извлекается мука достаточно высокого качества.

Надежное разделение продуктов помола по крупности и по качеству оказывается возможным, потому что свойства оболочек и эндосперма значительно различаются. Оболочки состоят из особо прочных тканей, а эн-

досперм отличается высокой хрупкостью, и поэтому при пропуске продуктов через вальцовые станки или жернова происходит интенсивное измельчение эндосперма, а оболочки остаются в виде более крупных частиц. Прочность оболочек у зерна пшеницы и ржи выше прочности эндосперма в 10–15 раз. Кроме того, при подготовке зерна к помолу применяют специальную технологическую операцию, в результате которой это различие возрастает еще заметнее. Наконец, и сам процесс измельчения регулируют в зависимости от поступающих на драную систему продуктов: чем больше в них содержание оболочек, тем осторожнее измельчают эти продукты (применяют более «мягкий» режим измельчения).

Такое построение процесса помола обеспечивает получение белой муки при помолу пшеницы в размере 70–72% от массы зерна, а при помолу ржи выход муки обдирной (примерно соответствует по качеству муке пшеничной 2–го сорта) может быть получен до 80%. Остальное представляет собой отруби.

### **1.5. Как подготовить зерно для помола**

После уборки урожая зерно обязательно содержит различные посторонние примеси. В зерне находятся семена различных сорных трав, соломистые частицы, обмолоченные колосья и даже кусочки земли или же мелкие камешки (галька). При перевозке и различных операциях с зерном в него могут попасть и другие предметы: кусочки проволоки, различные металлические предметы, веревки, стекло и т.п. Все это представляет собой нежелательные примеси и должно быть удалено из массы зерна до его измельчения в муку.

Особый класс составляют вредные примеси – семена некоторых растений, содержащие ядовитые вещества. Это семена куколя, софоры лисохвостой, триходесмы инканум и др. От них нужно очищать зерно особенно тщательно.

Если растения пшеницы или ржи заражены спорыньей, то ее рожки также попадают в массу зерна при обмолоте.

Зерно может быть заражено спорами головни – «головневое зерно». Имеются также и другие грибковые заболевания зерна – фузариозное зерно и т.п.

Таким образом, перед помолом зерно нужно тщательно очищать от всех этих посторонних включений. На измельчающие машины должно поступить чистое зерно – иначе нельзя будет получить муку необходимого качества. Очистку проводят на специальных машинах – сепараторах, триерах, камнеотделителях и т.д.; описание этих машин и принцип их работы даны ниже.

Однако на этом подготовительные операции не заканчиваются. На поверхности зерна обычно присутствует пыль и другие загрязнения. Поэтому