

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

В.В. Цык

АКТИВНОЕ ВЕНТИЛИРОВАНИЕ ЗЕРНА И СЕМЯН

Лекция для студентов агрономических специальностей

Горки 2006

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

В.В. Цык

АКТИВНОЕ ВЕНТИЛИРОВАНИЕ ЗЕРНА И СЕМЯН

Лекция для студентов агрономических специальностей

Горки 2006

УДК 664.723
ББК 41.47.075.8
Ц77

Одобрено научно-методическим советом академии 26.09.2005 (протокол №1) и методической комиссией агрономического факультета 22.06.2005 (протокол № 8).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Назначение и задачи активного вентилирования зерна и семян	3
2. Теоретические основы обработки семян воздушным потоком	8
3. Вентилирование зерновых масс с целью охлаждения	11
4. Сушка зерна и семян активным вентилированием	17
Литература	24

Цык В.В.

Ц 77 Активное вентилирование зерна и семян: Лекция. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. 24 с.

Изложены теоретические основы проведения активного вентилирования зерновых масс различного целевого назначения с профилактической целью, для охлаждения и сушки. Приведены режимы активного вентилирования.

Для студентов агрономических специальностей.

Таблиц 7.

Библиогр. 10.

Рецензенты: И.К. КОПТИК, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник Института земледелия и селекции НАН Беларуси; Ю.В. АЛЕХИНА, канд. с.-х. наук, доцент кафедры кормопроизводства УО «БГСХА»; Н.А. КОЗЛОВ, канд. с.-х. наук, доцент кафедры плодородия УО «БГСХА».

УДК 664.723
ББК 41.47.075.8

© В.В. Цык, 2006
© Учреждение образования
«Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2006

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственные предприятия ежегодно в максимально короткие сроки убирают большое количество зерна различных культур и должны обеспечить его обработку и сохранность с возможно меньшими потерями. Обеспечение сохранности зерна и семян является одной из важнейших государственных задач. Для ее успешного решения сельскохозяйственные предприятия наряду с очисткой и сушкой широко используют активное вентилирование.

На современном этапе развития науки активное вентилирование рассматривают как сложный технологический процесс, при котором свойства зерна и семян, определяющие их качество, должны быть не только сохранены, но и улучшены. Выполнить это можно, используя научные основы технологии хранения зерна. Эффективное использование техники для активного вентилирования зерновых масс может быть достигнуто лишь на основе применения научно обоснованных режимов обработки с учетом периодов безопасного хранения зерна и семян.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ЗАДАЧИ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА И СЕМЯН

Активное вентилирование – один из важнейших технологических приёмов послеуборочной обработки и хранения зерновых масс. Под активным вентилированием понимают интенсивное принудительное продувание наружного воздуха через неподвижную насыпь зерна.

Обработка зерновой массы воздухом проводилась с древнейших времен. С этой целью применялись воздушно-солнечная сушка, перелопачивание, пропуск зерна через веялки и другие очистительные машины. Еще при Петре I в России пытались продувать зерно воздухом с помощью кузнечных мехов.

По данным Баррелла и Мэри Хайд, во Франции в 1750 г. вентилирование зерна осуществляли мехами от ветряной мельницы. Недостаточная теоретическая разработка сдерживала использование промышленных установок активного вентилирования. В мире широкое применение в практике сельского хозяйства активное вентилиро-

вание нашло только в 70 – 80-х годах 20-го столетия.

В настоящее время активное вентилирование широко применяется в странах Западной Европы, Америки, Австралии, т. е. там, где производится много зерна.

Изучению вопросов теории и практики применения активного вентилирования зерна, семян и другой продукции уделялось большое внимание во многих странах: в бывшем СССР – работы М.Г. Голика (1951), К.В. Дрогалина (1955), И.Я. Бахарева (1948), Б.Е. Мельника (1961, 1970), В.И. Анискина (1967, 1974), Б.А. Карпова (1966, 1974), Л. Шибско (1970) и др; в США – Фостера, Баррелла, Шейве; в ФРГ – Бевера; во Франции – Жуэна; в Австралии – Элдера и др. (1975).

Исследованиями ряда авторов установлена высокая эффективность применения активного вентилирования при послеуборочной обработке и хранении зерна, семян, сена, льнотресты и другой растениеводческой продукции.

Возникновение и первоначальное развитие вентилирования зерна было основано на использовании естественной способности наружного воздуха охлаждать или подсушивать до равновесной влажности обрабатываемую зерновую массу. Следующий этап характеризовался массовым применением воздухоподогревательных устройств. Возможность подогрева наружного воздуха превратила вентилирование в эффективное средство сушки. В 1960-х годах нашло применение вентилирование искусственно охлажденным воздухом.

Одна из основных задач, решаемых с помощью активного вентилирования, временная консервация свежееубранного зерна повышенной влажности. Она заключается в обработке предварительно очищенного свежееубранного зернового вороха воздушным потоком для снижения его температуры, некоторого выравнивания влажности между отдельными компонентами и участками зерновой насыпи. Консервация свежееубранного зерна активным вентилированием позволяет в 3 – 4 раза увеличить срок его безопасного хранения до сушки. Для семян основных зерновых культур сроки безопасного хранения при активном вентилировании воздухом температурой 18 – 20°C приведены в табл. 1. Если погодные условия позволяют охладить зерно до температуры 14 – 15°C, сроки безопасного хранения увеличиваются примерно в 2 раза по сравнению с приведенными в таблице, а при охлаждении до температуры 10°C, возрастают в 3 – 4 раза. Для искусственного охлаждения воздуха при активном вентилировании исполь-

зуют машину ХМВ-1-30, с помощью которой возможно понизить температуру наружного воздуха с 25 до 6 –7°С.

Т а б л и ц а 1. Продолжительность (сут) безопасного срока хранения свежееубранных семян зерновых культур активным вентилированием при температуре воздуха 19 – 20°С

Влажность семян, %	Рожь	Пшеница	Ячмень
17,1 – 18,0	14,0 – 16,0	18,0 – 20,0	24,0 – 26,0
19,1 – 20,0	8,0 – 10,0	10,0 – 12,0	16,0 – 20,0
20,1 – 22,0	6,0 – 7,0	8,0 – 9,0	12,0 – 15,0
22,1 – 24,0	4,0 – 5,0	5,0 – 6,0	8,0 – 10,0
24,1 – 26,0	2,0 – 3,0	2,5 – 3,0	4,0 – 5,0
26,1 – 28,0	1,0	1,0 – 2,0	2,0 – 3,0

Для достижения наибольшего эффекта при консервировании зерна охлаждением вентилирование надо проводить в ночные и утренние часы при повышенных нормах расхода воздуха. Для обеспечения полного охлаждения всей зерновой насыпи в течение первых-вторых суток обработки подача воздуха должна составлять не менее 100 м³/(т · ч).

Профилактическое вентилирование применяют для освежения воздуха межзерновых пространств, выравнивания температуры и влажности в объёме зерновой насыпи, ликвидации амбарного запаха, сохранения жизнеспособности семян, предотвращения возникновения очагов самосогревания и некоторых других причин порчи зерна. Для такого вентилирования применяют сравнительно невысокие удельные подачи воздуха порядка 30 – 50 м³/(т · ч). Его проводят периодически с учетом температуры и влажности наружного воздуха, а также температуры и влажности зерна. Вентилирование должно обеспечивать охлаждение зерна и полностью исключать его увлажнение. Профилактическую обработку зерна сухого и средней сухости проводят через каждые один-три месяца хранения. Общий расход воздуха в расчете на 1 т зерна на каждый цикл обработки составляет 1600 – 1700 м³.

Вентилирование при охлаждении зерна проводят для повышения стойкости хранящегося зерна, снижая его температуру до 10°С и ниже. При такой температуре затормаживаются все физиологические процессы в зерновой массе, прекращается развитие насекомых, возрастают сроки безопасного хранения. Поэтому охлаждение целесообразно почти для всех хранимых партий зерна и семян.

Наилучшие условия сохраняемости зерна обеспечиваются при температуре, близкой к 0°C , и невысоких отрицательных температурах. Сухое зерно и семена выдерживают и более глубокое охлаждение (промораживание), однако в весенний период могут возникнуть затруднения из-за резких перепадов температуры в различных участках зерновой насыпи и возможной конденсации влаги.

Учитывая, что температура воздуха в осенний период снижается сравнительно медленно, зерно охлаждают в несколько этапов. Сначала зерновую массу охлаждают, используя ночные понижения температуры воздуха, затем проводят более глубокое повторное охлаждение. Для охлаждения зерна сухого и средней сухости применяют удельные подачи воздуха порядка $50 - 80 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{ч})$ и общий его расход для выполнения поставленной задачи составит $1800 - 2000 \text{ м}^3$ на 1 т зерна.

Охлаждение зерна активным вентилированием часто применяют после его сушки на сушилке шахтного и барабанного типа. Нередко для повышения производительности сушилок нижнюю часть шахты, предназначенную для охлаждения зерна, переоборудуют в дополнительную сушильную зону, а необходимое после сушки охлаждение зерна проводят на установках активного вентилирования. Такое переоборудование обеспечивает повышение производительности сушилок на $20 - 40\%$.

Вентилирование для ликвидации самосогревания проводят в любое время суток, независимо от погодных условий, при высоких удельных расходах воздуха $100 - 200 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{ч})$ и более. Вентилирование заканчивают при полном устранении очага самосогревания. Для дальнейшего повышения стойкости такое зерно направляют на сушку и в последующем тщательно за ним наблюдают.

Семена яровых культур после зимнего хранения имеют низкую, часто отрицательную температуру и находятся в состоянии глубокого анабиоза. Для повышения физиологической активности таких семян, вывода их из состояния покоя, завершения процессов послеуборочного дозревания проводят специальное агротехническое мероприятие – воздушно-тепловую обработку семян. Лучше всего ее можно выполнить с помощью активного вентилирования нагретым до температуры $25 - 30^{\circ}\text{C}$ воздухом. На вентиляционных установках такую обработку проводят при средней удельной подаче воздуха $100 - 120 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{ч})$ в течение $15 - 20 \text{ ч}$. Если в каких-либо участках насыпи температура зерна после обработки будет ниже 20°C , прово-

дят дополнительное вентилирование до тех пор, пока зерно хорошо не прогреется во всех участках насыпи. Воздушно-тепловой обогрев семян следует закончить не позднее недели до начала сева. Зерно, прогретое вентилированием, остается достаточно теплым до посева.

Если всхожесть и энергия прорастания семян отличаются на 10 – 20%, а это свидетельствует о незавершенности их послеуборочного дозревания, воздушно-тепловую обработку необходимо провести за две-три недели до посева.

Воздушно-тепловой обогрев полезен и для семян озимых культур, высеваемых в год уборки урожая.

Вентилирование зерновых масс воздухом имеет и еще одно преимущество – исключается травмирование зерна, что обычно наблюдается при пропуске его через зерноочистительные машины, а также перемещении с помощью транспортеров или перелопачиванием.

Положительная роль активного вентилирования для ускорения физиологических и биохимических процессов при послеуборочном дозревании семян была показана Н.С. Согедовым, З.Б. Дроздовой, Б. А. Карповым и др. Проведенные исследования в 1970 – 1978 гг. М.А. Казаниной показали, что в условиях северо-восточной части Беларуси свежееубранные семена озимой пшеницы имеют продолжительный период послеуборочного дозревания (40 – 45 дней и более) и к оптимальным срокам посева не успевают полностью его завершить. При посеве такие семена дают недружные всходы. Послеуборочное дозревание семян, подвергнутых активному вентилированию воздухом, подогретым до температуры 36 – 48°C, проходило на 15 – 20 дней быстрее, а урожайность на 2,9 – 3,7 ц/га была выше, чем от семян воздушно-солнечной сушки.

Активное вентилирование зерна – самый дешевый и наименее трудоемкий способ консервации влажного зерна. В сравнении с другими способами послеуборочной обработки и хранения зерна вентилирование обходится в 1,5 – 3 раза дешевле.

Таким образом, мировая практика активного вентилирования зерна в настоящее время характеризуется следующими направлениями его применения:

- 1) вентилирование влажного и высушенного в зерносушилках зерна для охлаждения наружным или искусственно охлажденным воздухом;

2)сушка зерна наружным, подогретым и искусственно охлажденным воздухом;

3)аэрация сухого зерна при хранении. Аэрация зерна средней сухости в целях сушки наружным и искусственно охлажденным воздухом.

Активное вентилирование зерна позволяет:

1)быстро охладить и тем самым законсервировать влажное зерно и семена;

2)высушить за один прием зерно и семена с любой их начальной влажностью;

3)ускорить прохождение послеуборочного дозревания свежееубранных семян;

4)обновить газовый состав воздуха в семенах;

5)провести воздушно-тепловой обогрев семян после зимнего хранения;

6)сократить потребность в площадках, навесах, складской емкости для семян (в 2 –5 раз);

7)снизить затраты на послеуборочную обработку и хранение семян;

8)исключить загрязненность зерна канцерогенными веществами, образующимися при неполном сгорании топлива в зерносушилках.

Простота эксплуатации установок активного вентилирования, высокая технологическая эффективность позволили быстро внедрить этот прием в производство. Однако неумелое применение вентилирования, неправильное установление режимов могут не только снизить его эффективность, но и ускорить порчу зерна и семян.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ

Обработка зерна воздухом основана на использовании скважистости зерновой массы, наличии многочисленных межзерновых пространств, соединенных друг с другом воздушными каналами различного сечения и длины. Межзерновые пространства образуют в зерновой массе воздухопроводящую систему, по которой воздух или газы могут перемещаться по всему ее объему в любом направлении. Поток воздуха оказывает воздействие на температуру и влажность зерна, изменяет газовый состав воздуха межзерновых пространств, т.е. воздействует на те факторы, от которых в первую очередь зависит уро-

вень жизнедеятельности и сохранность зерновой массы. От скажистости зерна зависят сопротивление воздушному потоку, равномерность обработки, высота насыпи семян на установке и тип вентилятора. Так, сопротивление воздушному потоку при вентилировании семян льна, проса, клевера и других мелкосеменных культур в 3 – 5 раз больше, чем семян пшеницы. Растет сопротивление воздушному потоку при увеличении высоты насыпи зерна и, особенно, при увеличении количества подаваемого воздуха. По данным Крейгера, при удельной подаче воздуха $100 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$ сопротивление воздушному потоку при высоте насыпи зерна 1 м составляло 10 мм водяного столба, а 500 м^3 – 65 мм; при насыпи 3 м – соответственно 20 и 140 мм. Существенное влияние на сопротивление оказывает засоренность.

Увеличение сопротивления воздушному потоку повышает расход электроэнергии и денежные затраты на работу вентилятора. Низконапорные осевые вентиляторы не могут обеспечить хорошей обработки высоких насыпей зерна при большом расходе воздуха, но являются наиболее экономичными при вентилировании низких насыпей. Центробежные вентиляторы могут создавать большое давление воздуха и используются при обработке таких масс зерна, когда надо преодолеть большое сопротивление.

Обработка семян воздухом основана и на таких их физических свойствах, как теплоемкость и теплопроводность. Зная удельную теплоемкость зерна и воздуха, можно подсчитать количество воздуха, необходимого для охлаждения (подогрева), а также продолжительность обработки насыпи.

Потребное количество воздуха (v , м^3) при заданной разнице температур ($t_1 - t_2$)

$$V = \frac{C_3 \cdot m(t_1 - t_2)}{C_{\text{в}}(t_1 - t_2)} = \frac{C_3}{C_{\text{в}}} \cdot m,$$

где m – масса зерна, кг;

t_1, t_2 – температура зерна до и после охлаждения, $^{\circ}\text{C}$;

C_3 – удельная теплоемкость зерна, $\text{ккал}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$;

$C_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воздуха, $\text{ккал}/\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C}$.

Известно, что удельная теплоемкость воздуха составляет $0,3 \text{ ккал}/\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C}$ ($1256 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$), а зерна – $0,37 - 0,56 \text{ ккал}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ ($1550 - 2345 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$). Отсюда для охлаждения 1 кг влажного зерна потребуется $1,7 - 2 \text{ м}^3$ воздуха, а 1 тонны – $1700 - 2000 \text{ м}^3$.

Охлаждение зерна идет тем быстрее, чем ниже температура воздуха. Проходящий через насыпь воздух отнимает тепло от зерна до тех пор, пока не выравняется температура между ними. Сначала охлаждаются слои насыпи со стороны подачи воздуха. Происходит как бы расслоение насыпи на три зоны: зона охлажденного зерна, зона охлаждения и зона неохлажденного зерна. Зона охлаждаемого зерна зависит от количества подаваемого воздуха и его состояния. Изменяется она только тогда, когда достигнет поверхности насыпи. Чем больше эта зона, тем быстрее происходит охлаждение насыпи, а поэтому чем больше подается воздуха в насыпь, тем быстрее будет идти охлаждение.

Большое значение при вентилировании зерна имеет его способность поглощать (сорбировать) из окружающего воздуха и отдавать (десорбировать) ему влагу. В зерне влага содержится в связанном и свободном состоянии. В зависимости от величины энергии связи влаги с тканями зерна она разделяется на механическую, физико-химическую и химическую. Механически связанная вода обладает всеми свойствами обычной воды и легко удаляется при сушке активным вентилированием. Физико-химическая связь прочнее механической. К ней относится адсорбционно связанная и осмотически удерживаемая влага. Адсорбционно связанная влага образует твердый раствор с веществом материала и утрачивает свойства обычной воды. Эта влага при вентилировании не удаляется. Осмотически связанная вода в процессе сушки десорбирует. Наиболее прочной является химическая связь влаги с материалом. Такая вода при сушке активным вентилированием не удаляется.

При вентилировании в зависимости от влажности семян и воздуха зерновая масса может или подсыхать, или увлажняться. Скорость влагообмена между зерном и воздухом и лежит в основе процесса сушки семян активным вентилированием.

В воздухе, находящемся в скважинах зерновой массы, водяной пар создаст определенное давление. Над поверхностью зерна и в его капиллярах также создается давление водяных паров, зависящее от влажности семян. Если есть разница между давлением водяного пара атмосферного воздуха и зерна, между ними начинается влагообмен – влага из зоны большего давления переходит в зону меньшего давления. Зерно будет отдавать воздуху влагу лишь тогда, когда парциальное давление водяных паров у поверхности зерна больше, чем в воздухе. Если же давление пара у поверхности зер-

на будет ниже, чем в воздухе, зерно будет поглощать водяные пары.

Отнимать (отдавать) влагу воздух может до тех пор, пока не выравняется давление водяного пара в зерне и воздухе, т. е. не наступит равновесная влажность (табл. 2).

Максимальной величины равновесная влажность зерна достигнет при 100%-ной относительной влажности воздуха. Эта влажность является тем пределом, до которого зерно может поглощать водяные пары из воздуха.

Как и при охлаждении процесс сушки при вентилировании в на-

Т а б л и ц а 2. Равновесная влажность семян (%) при температуре 12 – 15⁰С

Культура	Относительная влажность воздуха, %					
	20	40	60	70	80	90
Пшеница	8,4	10,9	13,4	14,3	16,0	20,4
Рожь	8,2	10,9	13,5	15,2	17,5	21,6
Люпин	6,2	9,1	11,7	13,4	16,7	25,0
Лен	-	-	7,7	8,8	11,2	15,4

сыпи протекает неравномерно. Наиболее интенсивно сушка идет в слоях зерновой массы со стороны подачи воздуха. Однако воздух быстро насыщается водяными парами, и интенсивность сушки уменьшается. Проходя слой зерна 20 – 50 см от входа, воздух почти полностью теряет способность поглощать пары воды и проходит следующие слои, не производя сушку. Зона сушки зависит от количества подаваемого воздуха, его относительной влажности и температуры. Чем выше температура и ниже относительная влажность воздуха, тем быстрее теряется влага и больше зона сушки.

3. ВЕНТИЛИРОВАНИЕ ЗЕРНОВЫХ МАСС С ЦЕЛЬЮ ОХЛАЖДЕНИЯ

Снижение температуры зерна даже в небольших пределах существенно увеличивает сроки его безопасного хранения, т. е. такие, при которых семена не ухудшают своих посевных качеств, а продовольственное и фуражное зерно не плесневеет и не самосогревается (табл. 3). Возможность консервации зерна охлаждением открыла новые перспективы в отношении хранения семян средней влажности (до 18%) без высушивания их на сушилках, а также длительного хранения фуражного зерна с влажностью до 20 – 22%.

Охлаждают семена атмосферным и искусственно охлажденным воздухом. В условиях Беларуси за счет суточных перепадов температур воздуха можно охладить семена до 10 – 12°C в августе и до 5 – 7°C в сентябре. Скорость охлаждения зависит от удельной подачи воздуха в насыпь, разности температур между семенами и воздухом, высоты насыпи, допустимого срока вентилирования и состояния семян.

Для охлаждения зерна атмосферным воздухом необходимо вентилирование проводить тогда, когда температура воздуха ниже тем-

Т а б л и ц а 3. **Безопасный срок хранения семян в зависимости от их влажности, температуры**

Влажность зерна	Температура зерна, °С	Безопасные сроки хранения		
		семян	продовольственного зерна	фуражного зерна
15 – 16,5	8 – 10	1,0 – 1,5 года	Длительно	Длительно
16,5 – 18,0	5 – 7	4,0 – 6,0 мес	8 – 14 мес	10 – 20 мес
18,0 – 20,0	5	2,0 – 3,0 мес	6 – 10 мес	8 – 16 мес
20,0 – 22,0	5	3,0 – 4,0 недели	8 – 12 недель	16 – 40 недель
22,0 – 25,0	5	1,0 – 2,0 недели	3 – 8 недель	10 – 20 недель
25,0 – 30,0	4 – 5	2,0 – 3,0 дня	5 – 10 дней	14 – 30 дней

пературы зерна. Чем эта разница будет больше, тем быстрее идет охлаждение. Так, при подаче 100 м³/(т · ч) воздуха с температурой ниже температуры зерна на 5°C оно за 1 ч охлаждается на 0,2°C, а при разнице в 10°C – на 0,4°C, т. е. охлаждение идет вдвое быстрее. Учитывая суточные колебания температур, можно подбирать такие часы суток, когда охлаждение будет идти наиболее интенсивно.

При вентилировании только определенное количество воздуха может предохранить зерно от порчи. Если в насыпь подается недостаточное воздуха, то оно охлаждается медленно, а отдельные, наиболее удаленные от входа воздуха слои, нередко отпотевают и увлажняются. В этих условиях быстро развиваются микроорганизмы, зерно плесневеет и портится. Поэтому охлаждать зерно желательно не более 1–2 суток. Чем больше будет подаваться воздуха в насыпь, тем оно быстрее охлаждается.

При охлаждении греющегося зерна подача воздуха в насыпь должна быть наибольшей (400 – 500 м³/(т · ч)), а при профилактическом охлаждении – наименьшей (табл. 4). Зависит удельная подача

воздуха и от влажности зерна: чем она выше, тем быстрее нужно охлаждать зерно, тем больше нужно подавать воздуха в насыпь.

Для расчета удельной подачи воздуха нужно знать производительность вентилятора и массу зерна на установке. Например, при охлаждении зерна в вентилируемом бункере БВ-25, мощность вентилятора которого составляет 11,3 тыс. м³/ч, для вентилирования партии зерна 30 т удельная подача составит 376 м³/(т · ч) (11300:30).

Высота насыпи семян на установках активного вентилирования при охлаждении устанавливается от 0,8 – 1,0 до 5 м (см. табл.4). Для

Т а б л и ц а 4. Режимы охлаждения семян на установках активного вентилирования

Влажность семян, %	Удельная подача воздуха, не менее, м ³ /(т · ч)	Допустимая высота насыпи, м	Время охлаждения, ч	Условия охлаждения
До 16	30 – 40	До 5	50 – 65	Необходимо установить целесообразность вентилирования. Эффективно вентилирование при температуре воздуха ниже температуры зерна на 4 – 5°С в ясную и на 8 – 10°С в пасмурную погоду
До 20	60 – 80	2 – 3	24 – 36	
21 – 24	100 – 120	1,5 – 2	5 – 20	Возможно круглосуточное вентилирование. В дождливую погоду вентилятор необходимо отключать
25 – 26	160 – 200	1 – 1,2	10 – 13	Круглосуточное вентилирование при любой погоде
Более 26	300 – 500	0,8 – 1,0	4 – 6	Круглосуточное вентилирование при любой погоде
Греющиеся семена	400 – 500	0,8 – 1,0	4 – 5	Круглосуточное вентилирование при любой погоде

продовольственного и фуражного зерна постепенно высоту насыпи можно доводить до четырех метров и более, так как через охлажденный слой зерна воздух проходит, не меняя своих свойств. Партии семян с незаконченным периодом послеуборочного дозревания после консервации охлаждением следует просушить и прогреть теплым воздухом.

Применяя активное вентилирование холодным атмосферным или искусственно охлажденным на холодильных установках воздухом, важно установить, до каких пределов можно охлаждать семе-

на и товарное зерно. Известно, что сухие семена выдерживают низкую температуру, а влажные и сырые – чувствительны к низким температурам. По данным В. И. Анискина, при активном вентилировании у охлажденных до минус 10°C семян пшеницы влажностью 18 – 20% всхожесть снижалась через две недели, а у семян с влажностью 25% – через 2 – 3 суток. Предельной температурой охлаждения семян, по мнению Баррелла, при их влажности до 17% является минус 10°C, а при влажности 18 – 20% – минус 5 – 8°C. При активном вентилировании семена с влажностью свыше 20% он не рекомендует охлаждать до минусовых температур.

Таким образом, при вентилировании переохладить семена ниже 3 – 5°C не следует. Не следует также сильно охлаждать и продовольственно-фуражное зерно. С экономической точки зрения более целесообразно снижать температуру зерна до 3 – 5°C.

При вентилировании зерна с целью охлаждения следует учитывать не только колебания температуры воздуха в течение суток, но и колебания его относительной влажности. Если в греющуюся насыпь подается холодный воздух даже при полной его насыщенности, то, подогреваясь, он повышает свою влагоемкость и может подсушивать зерно.

При вентилировании зерна с влажностью 15 – 18%, чтобы не увлажнить семена за счет сорбции водных паров из воздуха, перед каждой обработкой, а также и в процессе ее (3 – 4 раза в сутки) необходимо определять целесообразность вентилирования. Она определяется различными методами. Наиболее простым и доступным из них является метод по номограммам. На номограмме отмечают температуру воздуха по сухому и смоченному термометрам (шкалы 1 и 2). Через эти точки проводят прямую или накладывают линейку до пересечения шкалы 3 и находят абсолютную влажность воздуха. Зная температуру зерна (шкала 4) и соединяя точки на шкалах 3 и 4 до пересечения со шкалой 5, находят равновесную влажность, т. е. такую влажность, к которой зерно будет стремиться при вентилировании (или других видах обработки воздухом). Если фактическая влажность зерна выше равновесной, вентилировать можно, если ниже или равна ей – вентилировать нельзя.

При отсутствии психрометра можно найти абсолютную влажность по показаниям относительной влажности. Для этого показания по сухому и мокрому термометрам берут одинаковые. По шка-

ле 3 находят абсолютную влажность для воздуха с насыщенностью влагой 100%, а от нее рассчитывают фактическую.

Пример. Необходимо выяснить, будут ли семена пшеницы увлажняться, если их влажность 17%, температура – 20°C, температура воздуха 15°C, относительная влажность – 80%. На номограмме находим, что при температуре 15°C по сухому и мокрому термометрам абсолютная влажность по шкале 3 равна 12,5 мм рт. ст., 80% от этой величины составят 10 мм. Проводя линию от точки 10 мм через 20°C (шкала 4), находим равновесную влажность 13,5%. Так как фактическая влажность семян равняется 17%, а равновесная значительно ниже, следовательно, их целесообразно вентилировать.

Охлаждать семена лучше воздухом, температура которого ниже температуры семян в хорошую погоду не менее чем на 4 – 5°C, а в пасмурную – на 8 – 10°C. В этом случае семена не только охлаждаются, но могут частично подсушиваться.

Для охлаждения зерна и семян активным вентилированием используются установки различных конструкций. Много установок разработано непосредственно в колхозах и совхозах. Можно для этой цели использовать и установки, предназначенные для сушки зерна активным вентилированием: бункера, камерные, трубные. При точной послеуборочной обработке зерна наиболее приемлемы вентилируемые бункера.

Стационарные установки активного вентилирования (СВУ-1, СВУ-2, СВУ-3, СВУ-63, УСВУ-62 и др.) и аэрожелоба применяются в зернохранилищах. Напольно-переносные установки применяют для вентилирования зерна и семян в складах, на зернотоках, открытых площадках. Состоят напольные переносные и стационарные установки из вентилятора, диффузора и воздухораспределительных решеток или каналов. Воздух от вентилятора подается под решетки или в каналы, а оттуда поступает в зерновую массу, уложенную на решетках.

При вентилировании семян пшеницы, ржи, овса, ячменя и других средне- и мелкосеменных культур между рядами решеток или каналами оставляется свободное пространство от 0,6 – 0,8 до 1 – 1,2 м, где семена также продуваются воздухом. Для крупносеменных культур, где поток воздуха далеко в стороны не распространяется, применяют сплошную укладку решеток.

Вентилируемые бункера БВ-12,5, БВ-25, БВ-40, К-878 и дру-

гие состоят из наружного и внутреннего перфорированных цилиндров, поршня, конусообразного днища, воздухоподводящей трубы и тепловентиляционного блока. Загружается зерно между стенками наружного и внутреннего цилиндров. В центральном цилиндре бункера размещается (ниже уровня зерна) поршень. Нагнетаемый вентилятором воздух через отверстия этого цилиндра попадает в зерновую массу, пронизывает ее (от центра к периферии) и через отверстия наружного цилиндра удаляется.

Промышленность выпускает отделения вентилируемых бункеров (ОБВ-100), которые используются в составе зерноочистительно-сушильных комплексов или самостоятельно.

Трубная телескопическая вентиляционная установка ТВУ-2 предназначена для работы на площадках и в складах. После охлаждения зерна она может быть извлечена из насыпи и использована в другом месте.

Установка ТВУ-2 представляет собой пятизвенную трубу телескопического типа. Все звенья трубы – полые стальные цилиндры со стенками толщиной 2,5 мм. У первого звена стенки сплошные, а у остальных четырех – перфорированные с круглыми отверстиями диаметром 3 мм. К первому звену приварены салазки, на которых трубу в собранном виде перемещают. Сквозь всю трубу телескопического типа проходит стальной трос длиной 12 м и диаметром 9,9 мм. Один конец его закреплен фиксаторами за прутковую развилку пятого звена, а другой заканчивается петлей и выходит за пределы первого звена. С помощью этого троса установку растягивают в одну линию. В растянутом виде длина трубы составляет 9,86 м. После засыпки трубы зерном к ней подключают вентилятор так, чтобы не было щелей и не происходила утечка воздуха. Площадку, где размещают трубы, ограждают щитами и изнутри выстилают брезентом или пленкой. Если укладывается несколько труб, то между осями параллельных труб расстояние должно составлять 2 – 5 м, а между торцами пятых звеньев – 1 м. Расстояние между трубами тем меньше, чем выше влажность зерна и высота насыпи. Для вентилирования насыпи длиной 20, шириной 12 и высотой 1,8 м (примерно 340 т) требуется четыре трубы.

Чтобы обеспечить равномерную скорость воздуха в черновой массе на всей установке, высота насыпи зерна должна быть одинаковой.

Недостатком активного вентилирования атмосферным воздухом является полная зависимость охлаждения зерна от погодных условий. Этот недостаток можно устранить применением холодильных машин: ХВМ-1-30, Г-100Н, Г-100. Холодильная машина ХВМ-1-30 позволяет охладить 80 – 100 т семян в сутки (2000 т за сезон).

Применение холодильных машин в поточных линиях позволяет значительно снизить удельные капитальные затраты и улучшить технологическую эффективность послеуборочной обработки. В период охлаждения зерна на установках осуществляется контроль за температурой и влажностью зерна, определяется возможность вентилирования атмосферным воздухом и продолжительность вентилирования.

4. СУШКА ЗЕРНА И СЕМЯН АКТИВНЫМ ВЕНТИЛИРОВАНИЕМ

Как уже отмечалось выше, активное вентилирование применяется не только для охлаждения или предохранения влажного зерна от самосогревания, но и для сушки. Для активного вентилирования семян с целью их сушки используют атмосферный или подогретый воздух.

Скорость сушки зависит от насыщенности воздуха водяными парами, температуры воздуха, влагоотдающей способности зерна и семян, удельной подачи воздуха, допустимой продолжительности сушки.

Для сушки зерна вентилированием летом и ранней осенью используется теплый атмосферный воздух с относительной влажностью не более 65 – 75%. Такая сушка идет медленно и требует большого расхода воздуха. В условиях Беларуси для съема 1% влаги при подаче воздуха 100 м³ требуется свыше трех суток. Чтобы не испортить зерно и семена, сушить их больше 6 – 10 суток нельзя, а поэтому удельная подача воздуха при сушке должна быть значительно больше, чем при охлаждении (табл. 5).

Т а б л и ц а 5. Режим сушки зерна атмосферным воздухом

Влажность семян, %	Допустимый срок сушки, сут.	Относительная влажность воздуха, %	Удельная подача воздуха, м ³ / (т · ч)		Максимальная высота насыпи семян, м
			минимальная	оптимальная	
До 22	До 10	До 65 – 75	230 – 480	1000 – 1200	1,5 – 2
22 – 28	До 4 – 6	Круглосуточно	470 – 830	1200 – 1500	1 – 1,5

При вентилировании семян атмосферным воздухом высушить их до 13 – 14% влажности часто не удается, так как при температуре воздуха от 0 до 20°C и относительной влажности 70% нижний предел содержания влаги в зерне (его равновесная влажность), ниже которого их высушить нельзя, составляет у семян зерновых культур 14,3 – 15,2%. С повышением относительной влажности растет и равновесная влажность. Так, у семян пшеницы равновесная влажность при относительной влажности воздуха 75 % равна 15,1%, при 80% – 16,0 и 90% – 20,4, у ржи и ячменя – соответственно 16,2; 17,5; 21,6%. Снизить относительную влажность воздуха можно путем подогрева, так как повышение температуры воздуха на 1°C снижает его относительную влажность на 4 – 6%.

При сушке невысокой насыпи зерна хороший эффект обеспечивает подогрев воздуха на 10 – 15°C с доведением его температуры до 30 – 36°C. Высота насыпи зерновой массы пшеницы, ржи, ячменя, овса и зернобобовых при этом поддерживается на уровне 60 – 80 см, а мелкосеменных культур – 30 – 50 см. Кроме того, учитывается влагоотдающая способность семян. Быстровысыхающие семена (гречиха, свекла, рапс и др.) засыпаются большей толщиной, чем медленно высыхающие (просо, клевер, кукуруза и т. д.).

Интенсивность сушки зависит от количества подаваемого воздуха. Чем больше воздуха проходит через зерновую массу за час, тем активнее идет удаление влаги. В высокой насыпи скорость сушки прямо пропорциональна количеству подаваемого воздуха. Однако в низкой насыпи при удельной подаче воздуха свыше 1600– 2000 м³ он не успевает полностью насыщаться водяными парами, и экономическая эффективность сушки снижается. Установлено, что при увеличении подачи воздуха вдвое, расход электроэнергии двигателем вентилятора повышается почти в шесть раз, а эксплуатационные расходы – в четыре-пять раз.

В практике вентилирования зерна с целью сушки нормы расхода воздуха колеблются в больших пределах – от 200 до 2000 м³/(т · ч). Семена средней влажности (на 2 – 3% выше критической) целесообразнее сушить при невысокой удельной подаче воздуха – 200 – 500 м³/(т · ч). С повышением влажности зерна должна увеличиваться скорость сушки, а поэтому и повышается расход воздуха на 1 т в час. Оптимальной нормой подачи воздуха в насыпь семян бобовых считается 800 – 1000 м³, семян других культур – 1200 – 1500 м³/(т · ч). Этот режим и считается оптимальным при сушке активным вентилирова-

нием семян большинства культур с любой начальной влажностью. Время сушки при таком режиме составляет 1 – 2,5 суток.

Для интенсификации процесса сушки на установках активного вентилирования зачастую воздух подогревают до – 43 – 50°C. Это ускоряет процесс сушки в 1,5 – 2 раза и повышает производительность установок на 50 – 70%. Однако такую сушку надо рассматривать не как активное вентилирование, а как обычную конвекционную сушку, а установки вентилирования – как сушилки периодического действия.

При ускоренной сушке на установках активного вентилирования важно, как и в зерносушилках, не перегреть семена. Предельная температура воздуха при активном вентилировании приводится в табл. 6.

Т а б л и ц а 6. **Предельная температура воздуха при ускоренной сушке на установках активного вентилирования (по Б. А. Карпову)**

Культура	Влажность семян, %	
	До 22	23 – 26
Озимая и яровая пшеница	45 – 50	40 – 45
Озимая рожь	50 – 55	45 – 50
Ячмень, овес	55 – 60	45 – 50
Горох	35 – 40	30 – 35

Исследования и практический опыт показали, что при сушке зерна воздухом, нагретым свыше 35 – 40°C, возможно пересушивание семян со стороны подачи воздуха в насыпь. По наблюдениям М.А. Казаниной и других, в семенах пшеницы, насыпанной слоем 0,5 – 0,7 м, при вентилировании на напольной двухкамерной установке с воздухоподогревателем ВПТ-600 через 1,5 – 2 часа температура в нижнем слое достигала 42 – 45°C, а в верхнем она была всего 25 – 30°C.

При большой удельной подаче воздуха и высокой температуре наблюдались значительные различия по слоям насыпи во влажности. Средний съем влаги за 1 час в верхних слоях был 0,1 – 0,7%, в нижних слоях – больше в 2 – 5 раз, и семена здесь пересушивались. Влажность их снижалась до 7 – 10 и даже 3 – 5%.

Устраняется пересушивание путем периодического продувания насыпи зерна холодным воздухом, уменьшением высоты насыпи. Наиболее эффективный способ – прекращение подачи нагретого воздуха при достижении зерном средней влажности 12 – 14%, а при

выгрузке зернопогрузчиком – тщательное перемешивание семян всех слоев насыпи. При этом в верхнем слое влажность может быть 16 – 18, а в нижнем 10 – 12% и ниже. Досушивание верхнего слоя насыпи удорожает сушку, приводит к еще большему пересушиванию нижних слоев. Для равномерного высушивания и исключения перенагрева семян на установках, оборудованных теплогенераторами без дополнительных вентиляторов, целесообразно периодическое вентилирование насыпи атмосферным воздухом. Периодичность и условия вентилирования семян приводятся в табл. 7.

Вопрос о влиянии пересушивания на качество семян и продуктивность растений остается еще недостаточно изученным, хотя его решение для практики сушки в неподвижной насыпи имеет важное значение. Интересные данные в этом направлении были получены Вампер и Бредли. При хранении в эксикаторе семян пшеницы с влажностью 0,6% их всхожесть через 164 суток составляла 100%, а после 16 лет хранения в закупоренных пробирках – 82% [1].

Результаты опытов Б.А. Карпова также показывают, что высушивание семян зерновых культур до 6 – 8% при температуре 45 – 50°C не снижает их лабораторной и полевой всхожести. Высушивание ниже 5% отрицательно влияет на качество семян большинства культур, но процесс этот частично обратим. В процессе хранения семена увлажняются и депрессия в их прорастании снимается [3]. По данным З. В. Гвоздевой, высушивание семян пшеницы до влажности 4 – 5% снижало всхожесть даже при герметическом хранении.

Исследования М.А. Казаниной и других показали, что свежесобранные семена озимой пшеницы (наиболее чувствительные к повышенной температуре и пересушиванию) даже при уменьшении влажности до 3,4 – 4,2% не снижали жизнеспособности и всхожести. При высеве их в почву не только в год уборки, но и после года хранения они дали хорошие всходы. Не было снижения урожайности зерна и от высева пересушенных семян. Так, если урожайность зерна от семян естественной сушки в среднем за два года исследований составила 42,8 ц/га, от семян, высушенных вентилированием до влажности 14,0% – 45,7 ц/га, то от высушенных до 3,4 – 4,2% она была 46,2 ц/га. При посеве семян через год хранения урожайность была от нормально высушенных семян 38,9, а от пересушенных – 39,3 ц/га, т. е. и в этом случае они не ухудшили своих посевных и урожайных свойств. Это позволяет считать нецелесообразным применение в период вентилирования различных приемов перемешивания

Т а б л и ц а 7. Режимы сушки семян подогретым воздухом на установках активного вентилирования

Культура	Влажность, %	Подача воздуха, м ³ /(т · ч)	Предельная температура, °С		Высота насыпи на напольных установках, м	Продолжительность сушки, сут	Периодичность и условия вентилирования
			семян	теплоносителя			
Зерновые	До 20	1200 – 1500	40 – 45	45 – 50	0,7 – 0,8	0,5 – 1	Возможно круглосуточное вентилирование подогретым воздухом
	21 – 25	1500 – 1700	35 – 40	40 – 45	0,6 – 0,7	1 – 2	
	Свыше 25	1700 – 2000	30 – 35	35 – 40	0,4 – 0,5	2 и более	
Бобовые	До 20	800 – 1000	35 – 36	38 – 40	0,6 – 0,7	1 – 2	При сушке бобовых периодически по 20 – 30 мин вентилировать атмосферным воздухом.
	21 – 25	1000 – 1200	30 – 35	35 – 36	0,5 – 0,6	2 – 3	
	Свыше 25	1200 – 1500	28 – 32	30 – 35	0,4 – 0,5	3 и более	–

П р и м е ч а н и е. При сушке зерна продовольственного и фуражного температура подогретого воздуха может повышаться до 50 – 60%.

зерна с целью ликвидации неравномерности сушки.

Для сушки семян и зерна активным вентилированием используются напольные камерные установки, вентилируемые бункера, ромбические сушилки. В Беларуси более распространенными являются напольные двухкамерные установки, являющиеся универсальными. На них проводят сушку продовольственного зерна и семян зерновых и бобовых культур, трав, корнеплодов, овощных, технических культур, льняного вороха, семенников овощных культур, тресты и т. д. В камере площадью 50 – 60 м² одновременно можно высушивать по 25 – 35 т зерна. Стены камер выкладываются из кирпича, железобетонных панелей или шпунтовых досок высотой 1 – 1,3 м. Внутри камер по всей площади устанавливается решетчатое основание высотой около 0,5 м. Решетка опирается на кирпичные столбы, расположенные рядами. Сверху решетчатое основание покрывается металлической сеткой или мешковиной. Загрузка камер осуществляется непосредственно из самосвалов или с помощью зернопогрузчиков и транспортеров.

В экспериментальной базе “Устье” Оршанского района эксплуатировались камерные установки, объединенные в поточные линии с очистительными машинами (по 6 камер). Камеры оборудовались плавающими транспортерами для выгрузки зерна и горизонтальными – для транспортирования зерна к очистительным машинам. Каждые две камеры оборудовались одним воздухоподогревателем ВПТ-600. За сезон такие линии обрабатывали до 1000 и более тонн семян пшеницы, ржи, овса.

Эффективно использовались в учхозе БГСХА для сушки семян и вентилируемые бункера фирмы “Петкус” (производство ГДР). Пять таких бункеров объединены с очистительно-сортировальными машинами в поточную линию. Сушка семян в бункерах проводится с применением теплогенератора АЖТ-2. Высушенное в бункере зерно транспортируется к семяочистительным машинам с помощью ленточного транспортера, установленного под днищами бункеров.

На Новгородской и Пермской опытных станциях в 80-х годах 20-го столетия для сушки зерна и семян применяли сушилки активного вентилирования ромбического типа. Ромбические сушилки имеют внутренний и наружный металлический или деревянный каркас в виде ромба, обтянутый металлической сеткой. Пространство между сетками – 40 см, длина сушилки – до 7 м, ширина – 1,5 м, высота 3 – 3,5 м. Емкость камеры – до 10 – 15 т. Зерно загружает-

ся в пространство между сеткой наружного и внутреннего ромба. Воздух подается по внутреннему ромбу (воздушному каналу). Подогревают воздух воздухоподогревателем ВПТ-600 (ВПТ-400). Попадая под давлением в воздушный канал, воздух равномерно продувает зерно, помещенное между металлической сеткой, и выходит наружу. Сушат зерно 4 – 5 ч.

Ромбические сушилки просты в изготовлении, требуют немного площади, их легко обслуживать, можно включать в поточную обработку. У нас в республике они применяются в хозяйствах Гродненской области. Эти сушилки можно изготовить в любом хозяйстве.

Можно сушить зерно и семена и на других как типовых, так и изготовленных в хозяйствах установках активного вентилирования. В ходе сушки важно вести постоянные наблюдения за температурой подаваемого в насыпь воздуха, влажностью семян, равномерностью загрузки установок зерном, а также качеством высушенных семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. А н и с к и н В. И. Теория и технология сушки и временной консервации зерна активным вентилированием/В.И. Анискин, В.А. Рыбарук. М.: ВИМ, 1972.
2. З и м и н Е. М. Комплексы для очистки, сушки и хранения семян в Нечерноземной зоне/Е.М. Зимин. М.: Госсельхозиздат, 1978.
3. К а з а н и н а М. А. Обработка и хранение сельскохозяйственной продукции/М.А. Казанина, В.Я. Воронкова. Минск: Ураджай, 1988.
4. К а з а н и н а М. А. Сушка, активное вентилирование и хранение переходящих фондов семян озимой пшеницы и озимой ржи: рекомендации / М.А. Казанина, Э.М. Мухаметов. Горки, 1977.
5. К а р п о в Б.А. Уборка, обработка и хранение семян/Б.А. Карпов. М.: Россельхозиздат, 1974.
6. К а р п о в Б. А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна/Б.А. Карпов. М.: Агропромиздат, 1987.
7. М е л ь н и к Б. Е. Активное вентилирование зерна /Б.Е. Мельник. М.: Колос, 1986.
8. С а к у н В.А. Сушка и активное вентилирование зерна и зеленых кормов / В.А. Сакун. М.: Колос, 1974.
9. Т р и с в я т с к и й Л. А. Хранение зерна/ Л.А. Трисвятский. М.:Колос, 1975.
10. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов/ Л. А. Трисвятский и др. М.: Колос, 1991.

Учебное издание

Валентина Викторовна Цык

АКТИВНОЕ ВЕНТИЛИРОВАНИЕ ЗЕРНА И СЕМЯН

Лекция

Редактор Е.В. Ковалева
Техн. редактор Н.К. Шапрунова
Корректор М.А. Малеванкина

ЛИ №348 от 09.06.2004. Подписано в печать 18.10.2006г.

Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Бумага для множительных аппаратов.

Печать ризографическая. Гарнитура «Тайме».

Усл.печ.л. 1,39. Уч.-изд.л. 1,23

Тираж 100 экз. Заказ . Цена 2360 руб.

Редакционно-издательский отдел БГСХА
213407, г. Горки Могилевской обл., ул. Студенческая, 2
Отпечатано в секторе издания учебно-методической литературы и ризографии БГСХА
г. Горки, ул. Мичурина, 5