

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

В.Н. Невзоров, Ж.А. Кох, И.В. Мацкевич, В.Н. Тепляшин

Физико-механические свойства сырья и готовой продукции

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Красноярск 2019

Рецензент

В.Н. Холопов, д-р техн. наук, профессор кафедры автомобилей и транспортно-технологических машин Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева

Невзоров, В.Н.

Физико-механические свойства сырья и готовой продукции: методические указания к выполнению лабораторных работ / В.Н. Невзоров, Ж.А. Кох, И.В. Мацкевич, В.Н. Тепляшин; Краснояр. гос. аграр. ун-т – Красноярск, 2019. – 31 с.

Представлена методика оценки физико-механических свойств сырья и готовой продукции.

Предназначено для студентов направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

СОДЕРЖАНИЕ

Правила безопасности при выполнении работ	4
Лабораторная работа № 1 Оценка определения консистенции масла	4
Лабораторная работа № 2 Определение угла естественного откоса зерновой массы	9
Лабораторная работа № 3 Исследование вязкости сред в зависимости от температуры	12
Лабораторная работа № 4 Определение динамики процесса перемещения влаги в зерновой массе при хранении	15
Лабораторная работа № 5 Определение скважистости, плотности укладки и обеспеченности зерновой массы воздухом	17
Лабораторная работа № 6 Определение возможности и режима активного вентилирования зерна	20
Список использованных источников	27
Приложение	28

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ

Выполнять работу необходимо в халате. Начинать работу следует только после получения допуска к лабораторной работе и ознакомления с правилами безопасной работы на установке. При заливке исследуемого материала в вискозиметр не допускать перелива и пролива. При приготовлении образцов исследуемого материала для определения сдвиговых характеристик требуется соблюдать технику безопасности работы с острыми предметами. В случае боя стеклянной тарной посуды и оборудования осколки надо собрать с помощью совка и щетки в мусорное ведро. При порезах рану нужно промыть водой, убедиться в отсутствии осколков, продезинфицировать ранку йодом из медицинской аптечки и наложить повязку. Пробовать исследуемый материал на вкус запрещается.

Необходимо соблюдать в лаборатории чистоту и порядок, аккуратно убирать рабочее место. После окончания работы надо сдать рабочее место, разновесы, секундомер лаборанту или преподавателю.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ОЦЕНКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСИСТЕНЦИИ МАСЛА

Цель работы: провести оценку качества консистенции коровьего масла.

Общие положения. Коровье масло представляет собой концентрированный жировой продукт, получаемый сбиванием сливок средней жирности в маслоизготовителях периодического или непрерывного действия, либо преобразованием высокожирных сливок на поточных линиях.

Коровье масло подразделяют на сливочное и топленое.

Ассортимент сливочного масла разнообразен. Он включает виды сливочного масла с разным химическим составом.

Молочной промышленностью вырабатывается масло с частичной заменой молочного жира растительным – спред. Для его получения используют эмульгированную смесь пастеризованных сливок и рафинированного дезодорированного растительного масла.

Сливочное масло наряду с высокой питательной и биологической ценностью должно иметь хороший внешний вид, приятные вкус и запах. Поэтому для правильной оценки качества готового продукта наряду с аналитическими исследованиями состава и свойств определяют органолептические показатели: цвет, запах, вкус, консистенцию. Проводят сенсорный анализ эксперты (дегустаторы-специалисты), которые субъективно оценивают отдельные качественные показатели. Затем оценки отдельных экспертов обрабатывают, а полученные усредненные данные принимают как характеристику продукта.

Консистенция – один из основных показателей, характеризующих потребительские свойства масла. При комнатной температуре (20 °С) масло не должно быть излишне твердым или легкоплавким.

Консистенцию масла обуславливает состояние жировой фазы и соотношение между затвердевшим (закристаллизованным) и жидким жиром. Агрегатное состояние жира в масле зависит от многих факторов, в том числе и от способа производства. При выработке масла способом преобразования высокожирных сливок, масло на выходе из аппарата имеет жидкообразную консистенцию, а при выработке способом сбивания – плотную твердообразную.

После стабилизации структуры при минусовой температуре (в течение 20–24 часов) масло, независимо от способа производства, характеризуется плотной твердообразной консистенцией.

Консистенцию масла определяют при сортировке продукта и для выявления недостатков производства с целью их своевременного устранения. Последнее осуществляется двойным контролем: в процессе производства и после стабилизации структуры.

В процессе выработки масла способом преобразования высокожирных сливок прогнозирование консистенции масла производят по скорости затвердевания, приросту температуры масла в ящике и по внешнему виду продукта. При производстве способом сбивания степень обработки масла определяют по дисперсности плазмы.

Контроль качества и производства после стабилизации структуры включает определение консистенции пробой на срез и термоустойчивости, степени распределения плазмы и интенсивности плесневения масла.

Масло, получившее общую оценку менее 12 баллов, в том числе за вкус и запах менее 5 баллов, за консистенцию менее 3 баллов, за цвет менее 2 баллов, за упаковку и маркировку менее 2 баллов, термоустойчивостью ниже 0,7 – не рекомендуются для реализации. Реализации не подлежит масло, имеющее:

- вкус и запах – посторонний, пригорелый, горький, затхлый, лежалый, олеистый, химикатов и нефтепродуктов;
- консистенцию – засаленную, липкую, крошливую, неоднородную, колющуюся, рыхлую, слоистую, мучнистую, мягкую с термоустойчивостью менее 0,7;
- цвет – неоднородный;
- упаковку и маркировку – недостаточно четкую маркировку, вмятины на поверхности упаковки монолита, дефекты в заделке упаковочного материала.

По микробиологическим показателям и содержанию токсичных элементов масло должно отвечать требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 [9].

На товарные сорта подразделяют сладкосливочное и кисломолочное масло, все виды любительского, крестьянского и топленое.

Вологодское масло выпускают только высшим сортом, при несоответствии требованиям по органолептическим показателям его относят к несоленому сладкосливочному с балльной оценкой качества. Остальные виды масла на сорта не подразделяют.

Проба на срез позволяет с наибольшей простотой и при некотором навыке с достаточной для сортировки продукта точностью охарактеризовать консистенцию масла по его структурным свойствам: твердости, плотности, упругости, связности, распределению в масле водной фазы.

Такие пороки масла, как крошливость, слоистость, рыхлость, довольно успешно обнаруживаются пробой на срез при 5 °С, когда значительное количество триглицеридов жира находится в твердом состоянии.

Излишнюю мягкость и легкоплавкость масла можно обнаружить пробой на срез при 15°С (по международной таблице при 13 °С). При этой температуре меньше глицеридов остается в твердом состоянии и лучше заметны пороки выработанного масла – излишняя мягкость, расплывчатость.

Порядок проведения работы

1. Сформировать группы по 2 чел.

2. Определить физико-химические показатели образцов масла и установить соответствие их нормативам, указанным в таблице 1. Полученные результаты свести в таблицу 2 и охарактеризовать качество масла по каждому из исследованных показателей.

3. Сделать вывод о соответствии показателей качества сливочного масла требованиям нормативной документации. Дать прогноз стойкости исследованных образцов масла.

4. Составить отчет о проделанной работе.

Оценка определения консистенции масла пробой на срез

Для исследования отобрать пробу свежеработанного масла массой 100–200 г, охладить и выдержать при минусовой температуре в течение суток для завершения процессов кристаллизации жира и структурообразования. Если на исследование взято масло после холодильного хранения, то выдержка при минусовых температурах не требуется.

Подготовленную для анализа пробу замороженного масла, дефростируют в комнатных условиях до температуры 5 °С и отрезают от нее образец в виде бруска длиной 5–7 см и толщиной 2–3 см и дополнительно выдерживают в холодильнике при 5 °С в течение часа. От подготовленного образца отрезают заостренным шпателем пластинку масла толщиной 1,5–2 мм, длиной 5–7 см и испытывают на изгиб и деформацию. По внешнему виду поверхности среза и характеру деформации отрезанной пластинки устанавливают консистенцию по шкале, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 – Шкала оценки образца

Консистенция	Характеристика среза
Хорошая	Плотная, ровная поверхность среза, при легком нажиме пластинка прогибается. Пластинка выдерживает небольшой изгиб, затем медленно ломается
Слабокрошлиявая	Пластинка имеет неровные края, при легком изгибе ломается
Крошлиявая	При отрезании пластинка распадается на кусочки
Слоистая	При отрезании и изгибе пластинка разделяется на слои
Излишне мягкая	Пластинка при нажиме легко деформируется (сминается), поверхность на вид засаленная

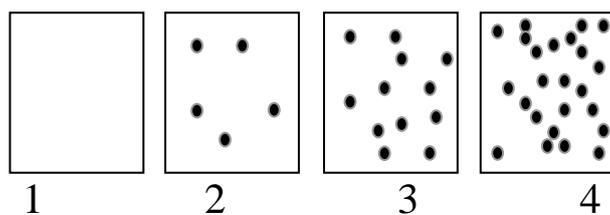
Для выявления степени легкоплавкости масла оставшуюся часть образца выдерживают в комнатных условиях для повышения его температуры до 15 °С. Затем отрезают пластинки толщиной 1,5–2 мм и проверяют их на упругость, пластичность и изгиб. Если при легком нажиме пластинка сминается и края ее при комнатной температуре 20–24 °С оплавляются, значит, масло излишне мягкое, склонное к расплыванию.

Определение дисперсности и распределение влаги в сливочном масле устанавливают индикаторным методом, основанном на окрашивании индикаторной бумажки при соприкосновении с каплями влаги на срезе масла по нижеприведенной прописи.

Специальным проволочным ножом от образца масла отрезать брусок площадью примерно 6х6 см и толщиной 2–3 см. Температура пробы должна быть не выше 5 °С.

На свежий срез с помощью пинцета плотно приложить индикаторную бумажку. Через 15–20 с снять ее пинцетом и опустить в обезвоженный расплавленный парафин для фиксации образовавшихся отпечатков капель. По числу сине-фиолетовых пятен и характеру их распределения установить величину и распределение капелек влаги в масле.

По характеру дисперсности и распределению влаги масло делят на четыре класса. Условная шкала для оценки масла по дисперсности приведена на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Условная шкала для оценки масла по дисперсности:
1 – I класс – хорошее распределение влаги (на индикаторной бумажке не видно никаких отпечатков); 2 – II класс – удовлетворительное распределение влаги (на индикаторной бумажке видно незначительное количество равномерно распределенных точек диаметром 0,3–1,0 мм); 3 – III класс – неудовлетворительное распределение влаги (на индикаторной бумажке больше 5-ти точек различной величины диаметром больше 1,0 мм); 4 – IV класс – плохое распределение влаги (на индикаторной бумажке много точек и пятен диаметром больше 3 мм)*

Таблица 2 – Результаты оценки качества сливочного масла

Показатель	Образец сливочного масла		
	1	2	3
Консистенция			
Степень легкоплавкости			
Дисперсность			

Контрольные вопросы

1. С какой целью проводят прогнозирование стойкости масла?
2. Какие способы прогнозирования стойкости масла вы знаете?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

Цель работы: ознакомиться с некоторыми методами определения угла естественного откоса. Изучить влияние различных факторов на сыпучесть зерновой массы (угол трения, угол естественного откоса).

Приборы, материалы: приборы для определения угла естественного откоса; исследуемое зерно; пурка; мерный цилиндр на 100 мл; разборная доска; шпатель.

Задание: определить угол естественного откоса зерновой массы методом высыпания из воронки. Варианты задания определяет преподаватель.

Общие положения. Зерновая масса представляет собой совокупность различных компонентов, в том числе зерна основной культуры, примесей, микроорганизмов, воздуха межзерновых пространств, насекомых и клещей (зараженное зерно). Наличие в зерне столь различных по своей природе компонентов придает ей специфические свойства, которые необходимо учитывать при хранении. Так как зерновая масса содержит разнообразные твердые компоненты (зерно, примеси), она обладает хорошей сыпучестью. Это свойство имеет большое практическое значение. Благодаря сыпучести возможно транспортирование зерновой массы нориями, транспортерами, самоподавателями и другими машинами, а также загрузка зерна в бункера, силосы и выгрузка из них самотеком. С учетом сыпучести зерновой массы определяют минимальный угол

наклона самотечных труб, днищ бункеров и силосов на элеваторах, мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах. Ее учитывают при расчетах зернохранилищ на прочность. Сыпучесть зерновой массы снижается в процессе хранения и служит косвенным показателем состояния зерна при хранении.

Показателями сыпучести являются угол естественного откоса и угол трения зерна о поверхность материала.

Угол естественного откоса, или угол ската зерновой массы, – это угол между диаметром основания и образующей конуса, получающегося при свободном падении части зерновой массы на горизонтальную плоскость.

Угол трения зерновой массы о поверхность – это наименьший угол, при котором зерно начинает самотеком двигаться по наклонной плоскости.

На степень сыпучести зерновой массы влияет гранулометрический состав и гранулометрическая характеристика твердых частиц зерновой массы: форма, размер, характер и состояние поверхности зерна и примесей, их влажность, содержание и состав примесей, а также материал, форма и состояние поверхности скольжения. Наибольшей сыпучестью и наименьшим углом естественного откоса обладают зерновые массы, состоящие из семян шарообразной формы с гладкой поверхностью (просо, горох, соя и др.). При отклонении зерен от шарообразной формы уменьшается сыпучесть. Примеси в зерновой массе изменяют ее сыпучесть, причем легкие, примеси (солома, мякина и др.) значительно снижают ее. Увеличение влажности зерновой массы снижает сыпучесть и увеличивает угол естественного откоса и угол трения. Высокая влажность зерна может привести к полной потере сыпучести зерновой массы.

Определение угла естественного откоса зерновой массы методом высыпания из воронки

Угол естественного откоса зерновой массы определяют при помощи прибора (рис. 2), состоящего из воронки 1 с закрывающимся выпускным отверстием, подставки 2 для крепления воронки и линейки 3 с транспортиром и отвесом для измерения угла. Воронку, через которую высыпается зерно, укрепляют на определенной высоте h от горизонтальной плоскости и заполняют до-верху исследуемым зерном.

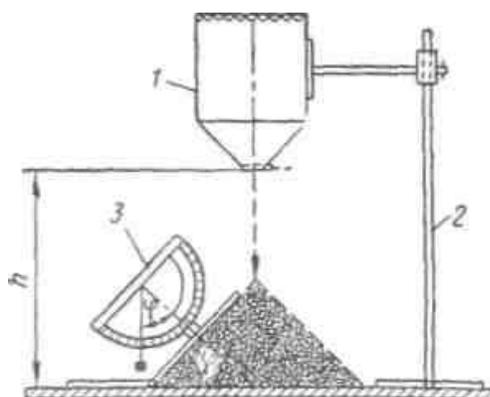


Рисунок 2 – Прибор для определения угла естественного откоса зерна при высыпании из воронки:

1 – воронка; 2 – подставка; 3 – линейка с транспортиром и отвесом

При высыпании из воронки на плоскость зерновая масса образует конус. Угол между образующей и диаметром основания конуса есть угол естественного откоса φ . Его измеряют при помощи линейки и транспортира. Результаты измерений записывают в таблицу 3 и по ним делают выводы об изменении сыпучести.

Таблица 3 – Угол естественного откоса φ зерновых масс

Культура	Влажность, %	Натура, г/л	Примеси, %		Угол естественного откоса, град*			Предел колебаний
			Сорная	Зерновая	определения			
					1	2	3	
Пшеница								
Рожь								
Ячмень								
Овес								
Рис								
Просо								
Горох								
Соя								

* Погрешность определений угла естественного откоса должна составлять не более 5...7 %.

Контрольные вопросы

1. Что называется углом естественного откоса?
2. Дайте определение угла трения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТИ СРЕД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Определение зависимости вязкости растворов с помощью стеклянного капиллярного вискозиметра типа ВПЖ-2

Цель работы: получить наглядное представление о влиянии температуры на вязкость раствора поваренной соли и о влиянии концентрации раствора на зависимость кинематической вязкости от температуры.

Приборы, инструменты и материалы: вискозиметр капиллярный стеклянный типа ВПЖ-2 (рис. 3.1); ультратермостат типа 667 со стеклянной термостатирующей ванной для трех вискозиметров, оснащенный прибором контроля температуры и тремя пробиркодержателями для фиксации вискозиметров в ванне; секундомер; шприц 20 мл; спринцовка; трубка резиновая 6×1×300 мм; емкость для раствора (2 шт.); воронка; раствор поваренной соли 2,5 %; раствор поваренной соли 10 %.

Подготовка к выполнению работы

При подготовке студента к выполнению лабораторной работы он должен:

– ознакомиться с правилами поведения в лаборатории, правилами техники безопасности и расписаться в журнале инструктажа по технике безопасности студентов;

– ознакомиться с содержанием настоящих указаний.

Изучить устройство вискозиметра капиллярного ВПЖ-2.

Получить от преподавателя (заведующего лабораторией, учебного мастера), проводящего лабораторное занятие, необходимые приборы, инструменты и материалы.

Устройство вискозиметра капиллярного стеклянного ВПЖ-2

Вискозиметр капиллярный стеклянный типа ВПЖ-2 (рис.3) представляет собой U-образную с вершиной А трубку, состоящую из двух колен 1 и 5. В колене 1 имеются два резервуара: верхний 2 и нижний 3, а также в него впаян капилляр 4. Граница между верхним и нижним резервуарами обозначена отметкой M_1 , а между нижним резервуаром и капилляром – отметкой M_2 .

Габаритные размеры вискозиметра капиллярного стеклянного типа ВПЖ-2 представлены на рисунке 3.

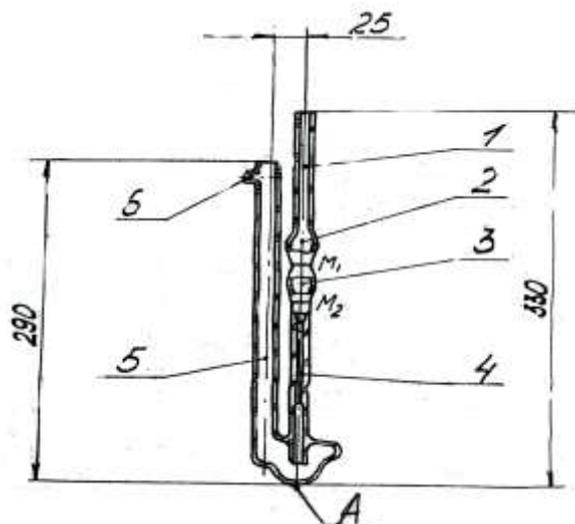


Рисунок 3 – Общий вид вискозиметра капиллярного стеклянного типа ВПЖ-2

Порядок выполнения лабораторной работы

Наполнить емкость на $\frac{2}{3}$ ее высоты исследуемым раствором.

Наполнить шприц до отметки 20 мл исследуемым раствором из емкости следя за тем, чтобы в объеме шприца, заполненном раствором, не было пузырьков воздуха.

Выкачать из шприца исследуемый раствор в колено 5 вискозиметра. Выдержать вискозиметр в термостатической ванне не менее 15 минут при заданной температуре, контролируемой при помощи прибора контроля температуры.

Присоединить спринцовку к свободному концу трубки, предварительно сжав ее резиновую грушу.

Засосать исследуемый раствор в колено 1 вискозиметра до одной трети высоты резервуара 2.

Отсоединить спринцовку от трубки и следить за опусканием мениска исследуемой жидкости.

При прохождении мениска исследуемой жидкости отметки M_1 включить секундомер.

При прохождении мениска исследуемой жидкости отметки M_2 остановить секундомер.

Показания секундомера занести в таблицу 4.

Определить среднее значение времени опускания мениска жидкости от отметки M_1 до отметки M_2 , результат занести в таблицу 4.

Определить значение кинематической вязкости исследуемого раствора при данной температуре, результат занести в таблицу 4.

Кинематическая вязкость жидкости определяется по формуле

$$\nu = \frac{g}{9,807} \cdot T \cdot K,$$

где K – постоянная вискозиметра, для вискозиметра I $K=0,09332$ мм²/с², для вискозиметра III $K=0,1017$ мм²/с²;

T – время истечения жидкости, с;

ν – кинематическая вязкость жидкости, мм²/с;

g – ускорение свободного падения в месте измерений, м/с².

Перелить раствор из емкости в соответствующую бутылку с помощью воронки.

Построить кривую зависимости вязкости от температуры, отложив значения температур по оси абсцисс, а значения вязкости – по оси ординат.

Сравнить полученный график с графиком, полученным другой группой, на предмет оценки влияния концентрации раствора на зависимость кинематической вязкости от температуры.

Составить отчет о ходе выполнения лабораторной работы.

Таблица 4 – Результаты кинематической вязкости исследуемого раствора

Номер испыта- ния	Темпе- ратура $t, \text{ }^\circ\text{C}$	Время опускания мениска жидкости при n измере- ниях, с					Среднее время $T = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n}{n}$, с	Кинема- тическая вязкость, мм ² /с
		τ_1	τ_2	–	–	τ_n		

Контрольные вопросы

1. Поясните влияние температуры на величину кинематической вязкости исследованной жидкости.

2. Поясните влияние концентрации поваренной соли в водном растворе на зависимость его кинематической вязкости от температуры.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЛАГИ В ЗЕРНОВОЙ МАССЕ ПРИ ХРАНЕНИИ

Цель работы: исследовать перераспределение влаги в зерновой массе при хранении. Определить условия сорбционной сушки семян некоторых культур и выявить эффективные сорбенты влаги.

Приборы, материалы: исследуемое зерно; мерный цилиндр 100 см³; колбы конические емкостью 125 см³ с пробками; разборные доски, шпатели, пинцеты; весы технические с разновесами; чашки Петри; сушильный шкаф, термостат; карандаши для надписей по стеклу; м ельница.

Задание: выяснить закономерность процесса перемещения влаги при совместном хранении сухого овса и сырой фасоли в течение 10...50 минут. Построить кривые изменения влажности указанных культур и по ним сделать выводы.

Общие положения. Процессы сорбции и десорбции водяных паров происходят внутри зерновой массы при хранении и приводят к изменению влажности зерна. Влага в зерновой массе при хранении может перемещаться как в результате различной влажности отдельных зерен и отдельных участков массы, так и в силу разности температуры в отдельных частях зернового массива.

Изменение температуры в каком-либо участке зерновой массы сопровождается перемещением влаги по направлению потока тепла, т. е. от мест более нагретых к менее нагретым.

Интенсивные процессы перераспределения влаги происходят в свежееубранном зерне в начальный период хранения вследствие большого различия влажности отдельных его компонентов. В последующий период хранения, когда различие во влажности отдельных зерен несколько сгладится, процесс перемещения влаги замедляется. Таким образом, перемещение влаги в зерновой массе при хранении приводит к повышению влажности отдельных ее частей и создает условия для возникновения самосогревания зерна. Поэтому необходимо устранять причины неравномерного распределения и перемещения влаги в хранящемся зерне.

При объединении партий зерна с различной исходной влажностью даже при тщательном их перемешивании влажность постепенно выравнивается. Более влажное зерно подсыхает, а сухое увлажняется. Опытами установлено, что обмен влагой между

смешанными партиями различной влажности начинается уже в течение первого часа совместного хранения и практически завершается в течение трех-четырех суток. Дальнейшее хранение практически не приводит к значительному изменению установившейся влажности и в конечном итоге она остается неодинаковой. Такое неполное выравнивание влаги при смешивании сухого и влажного зерна обусловлено явлением сорбционного гистерезиса. Объединение партий с различной влажностью без перемешивания является причиной гнездового или пластового самосогревания, так как ухудшение качества зерна в слое с повышенной влажностью опережает процесс перемещения влаги, и зерно портится. Поэтому не следует смешивать или хранить в одном складе (силосе) зерно с различной влажностью.

Порядок работы. Смешать два образца зерновых культур с различной, но определенной влажностью. Влажность культуры при необходимости увеличиваем путем увлажнения водой. Количество воды, необходимое для увлажнения, находим по формуле

$$W = \frac{m * W_2 * W_1}{100 * W_2},$$

где W – количество воды, г;

m – масса навески, г;

W_1 – базисная влажность, %;

W_2 – необходимая влажность, %.

Для опытов (работу можно проводить как со многими, так и с одной культурой при исследовании процесса перемещения влаги от примесей к зерну) взять сухой овес и увлажненную до заданной влажности фасоль в соотношении 1:1 (масса каждой навески 250 г). Навески смешиваем вручную в течение 4 мин. Затем смесь необходимо разделить на несколько равных частей (в зависимости от количества определений) и поместить в колбы, которые необходимо плотно закрыть и поставить на хранение в термостат. Через определенные промежутки времени взять одну колбу, высыпать из нее зерно на разборную доску и смесь быстро разделить по исходным культурам. В полученных образцах определить влажность в соответствии со стандартом. Результаты опытов записать в таблицу 5 и по ним построить график.

Таблица 5 – Изменение влажности сухого зерна овса и увлажненных семян фасоли при совместном хранении

Длительность совместного хранения от начала опыта, мин.	Влажность, % на сухое	
	Овес	Фасоль
10		
20		
30		
40		
50		

Контрольные вопросы

1. Поясните выравнивание влаги при смешивании сухого и влажного зерна.
2. Почему не следует смешивать зерно в одном силосе с различной влажностью?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКВАЖИСТОСТИ, ПЛОТНОСТИ УКЛАДКИ И ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ ВОЗДУХОМ

Цель работы: освоить методику определения скважистости, плотности укладки, обеспеченности воздухом и объемной массы зерновой массы.

Приборы и материалы: весы технические; цилиндры мерные емкостью 100 и 250 см³; толуол, ксилол или керосин; анализные разборные доски, шпатели, совочки, кюветки, зерно различных культур (не менее 3 видов).

Общие положения. Зерновая масса при размещении в складах или силосах не образует плотной массы; между ее твердыми компонентами остаются свободные промежутки, заполненные воздухом.

Плотность укладки зерна и скважистость выражают в процентах от общего объема зерновой массы. Плотность укладки и скважистость зерновой массы имеют большое практическое значение при хранении. Наличие воздуха в межзерновом пространстве влияет на изменение температуры и влажности зерновой массы и определяет характер протекающих в ней физиологических процессов. Воздух межзерновых пространств, перемещаясь по скважинам, способствует передаче тепла путем конвекции и перемещению влаги в зерновой

массе в виде пара. Благодаря скважинам в зерновой массе возможны такие виды ее обработки, как сушка, активное вентилирование и газация.

Скважистость зерновой массы имеет большое значение и для сохранения жизнеспособности семян, что очень важно при хранении семенных партий. Плотность укладки и скважистость зерновой массы в хранилище зависят от формы, упругости, размеров и состояния поверхности твердых компонентов зерновой массы, количества и вида примесей в ней, от размера партии и влажности зерновой массы, формы и размеров хранилища, метода его заполнения, а также от срока хранения. Поэтому значения плотности укладки и скважистости зерновой массы могут изменяться в довольно значительных пределах.

Скважистость зерновой массы выражается следующей формулой:

$$S = \left(\frac{V_1 - V}{V_1} \right) * 100,$$

где S – скважистость, %;

V – истинный объем твердых частиц зерновой массы, см^3 ;

V_1 – общий объем зерновой массы, см^3 ;

Общий объем зерновой массы определяется по формуле

$$V_1 = \frac{P * 1000}{\gamma},$$

где γ – натура зерна;

P – масса 1000 твердых частиц зерновой массы, г.

Обеспеченность зерновой массы воздухом – (F) ($\text{см}^3/\text{г}$; $\text{м}^3/\text{т}$) определяют по формуле

$$F = \frac{(V_1 - V)}{P} .$$

Умножив объем воздуха в 1 т зерновой массы на общую массу партии зерна, определяют величину одного воздухообмена. Этот показатель используют при проведении активного вентилирования зерновых масс.

Для того чтобы воспользоваться приведенными формулами, необходимо знать натуру зерна, истинный объем и массу твердых частиц зерновой массы.

Определение натуры зерна.

Натуру зерна определяют на литровой пурке ПХ-1 по методике, изложенной в ГОСТ 10840-2017; массу 1000 твердых частиц - путем их отбора подряд из навески и взвешивания, взятой для определения натуры; образец используют для определения истинного объема 1000 твердых частиц.

Определение массы 1000 частиц.

Из средней пробы выделяют навеску зерна, масса которой близка к массе 1000 зерен испытываемой культуры и переносят на разборную доску. (Для мелкосемянных культур и семян трав около 25 г, среднесемянных – пшеница, рожь, овес – около 50 г, ячменя – около 75 г, гороха и других крупносемянных культур – около 200 г.) Шпателем без выбора отсчитывают 2 навески по 500 шт. частиц (для гороха по 250 шт.). Навески взвешивают с точностью 0,01 г. Если расхождение массы между двумя навесками не превышает допустимой величины (не более 6 %), то за результат определения принимают сумму масс частиц по 500 шт. Для гороха полученный результат дополнительно умножают на 2. Результат записывают с точностью 0,1 г.

Истинный объем 1000 твердых частиц (V).

Определяют пикнометрическим методом, где в качестве несмачивающей жидкости используют толуол, ксилол или керосин. В мерный цилиндр заливают в зависимости от размеров семян 20...50 мл этой жидкости и погружают образец из 1000 частиц (500 частиц для гороха и других крупносемянных культур). Из увеличившегося объема вычитают объем предварительно налитой жидкости и получают искомую величину. Воду применять не следует, так как она недостаточно полно смачивает зерно. Остающиеся на его поверхности пузырьки воздуха приводят к искажению результата.

Задание 1. Определить скважистость зерна, рассчитать обеспеченность воздухом зерновой массы. Результаты работы оформить в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Натура, скважистость и обеспеченность зерновой массы воздухом

Культура	Натура зерна, г/л	Масса 1000 тв. частиц, г	Истинный объем 1000 тв. частиц, см ³	Скважистость, %	Обеспеченность воздухом, м ³ /т
Пшеница	750				
Рожь	680				
Ячмень	580				
Овес	460				

Задание 2. Сделать и записать в рабочую тетрадь выводы по полученным результатам

Контрольные вопросы

1. Что понимается под скважистостью и плотностью укладки зерновых масс?
2. В каких единицах измерения ведут запись величины скважистости и плотности укладки зерновых масс?
3. Какие факторы оказывают наибольшее влияние на скважистость, плотность укладки и обеспеченность зерновых масс воздухом?
4. Какая взаимосвязь (прямая, обратная) отмечается между сыпучестью зерновой массы, ее плотностью укладки; скважистостью и обеспеченностью зерновых масс воздухом? Какое это имеет практическое значение?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И РЕЖИМА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА

Цель работы: изучить возможность проведения активного вентилирования зерновой массы при хранении.

Приборы и материалы: исследуемое зерно; весы электронные; бюксы; сушильный шкаф; мельница; сита с номером сетки 1...0,8; психрометр; термометр.

Общие положения.

Активное вентилирование – это способ обработки зерновой массы атмосферным воздухом в насыпи без перемещения. Сущность метода состоит в том, что нагнетаемый вентилятором воздух при прохождении по межзерновому пространству положительно влияет на физическое и физиологическое состояние зерновой массы, в результате чего улучшается ее качество и повышается стойкость при хранении.

При активном вентилировании между зерном и воздухом происходит обмен теплом и влагой до тех пор, пока не установится состояние равновесия между параметрами зерновой насыпи и атмосферного воздуха.

В зависимости от условий зерно может охлаждаться, подсушиваться или увлажняться. Направление процесса тепло- и влагообмена и его интенсивность зависят от свойств и состояния зерна, состояния и скорости движения воздуха в зерновой насыпи. Положительный эффект активного вентилирования при обработке зерновой массы возможен лишь в случаях соблюдения режимов вентилирования, определяемых температурой и относительной влажностью подаваемого воздуха, расходом его на 1 т зерна, высотой насыпи и продолжительностью вентилирования.

До начала вентилирования необходимо определить возможность проведения этого вида обработки зерновой массы. Задача сводится к нахождению той равновесной влажности, которая установится в зерне при продувании атмосферным воздухом. Если влажность зерна до вентилирования выше равновесной, то зерно отдаст часть влаги воздуху и подсушится, а если ниже, то зерно поглотит влагу из воздуха и увлажнится. Вентилирование возможно, если зерно при этом не ухудшит своего состояния.

Порядок работы. Возможность проведения вентилирования определяют по следующим основным данным: температуре зерна и наружного воздуха, влажности зерновой массы и влажности воздуха. Вентилирование целесообразно проводить только в тех случаях, когда сочетание этих факторов обеспечивает охлаждение и подсыхание зерна или охлаждение его без снижения влажности.

Влажность зерна до вентилирования определяют стандартным методом, температуру зерновой массы по слоям при помощи термоштанг или дистанционных установок для контроля

температуры. При определении возможности вентилирования учитывается самая низкая температура в насыпи.

Относительную и абсолютную влажность воздуха можно определить с помощью психрометра.

Абсолютной влажностью воздуха (γ_n) называется масса водяного пара, находящегося в 1 м^3 влажного воздуха ($\text{г}/\text{м}^3$).

Абсолютной влажностью воздуха (γ_n) называется масса водяного пара, находящегося в 1 м^3 влажного воздуха ($\text{г}/\text{м}^3$).

Относительной влажностью воздуха (φ) называется отношение массы водяного пара, находящегося в 1 м^3 влажного воздуха, к максимально возможной его массе в 1 м^3 воздуха при том же барометрическом давлении и при той же температуре:

$$\varphi = (\gamma_n / \gamma_{max}) \cdot 100 \%$$

Психрометр представляет собой сочетание двух термометров, сухого и смоченного, с ценой деления шкалы, равной $0,2 \dots 0,5\text{ }^\circ\text{C}$. Сухой термометр показывает температуру воздуха. Шарик смоченного термометра, обернутый влажной тканью (батистом), смачиваемой водой. С поверхности ткани за счет тепла шарика испаряется вода, и показание смоченного термометра ниже, чем сухого. Чем больше разность между показаниями сухого и смоченного термометров (психрометрическая разность), тем интенсивнее происходит испарение воды с ткани, следовательно, воздух более сухой. Показания сухого и мокрого термометров теоретически равны при полном 100 %-м насыщении воздуха.

Относительную или абсолютную влажность воздуха определяют по показанию обоих термометров по психрометрической таблице.

Психрометр устанавливают в местах, защищенных от солнца. При пользовании психрометром следят за тем, чтобы шарик смоченного термометра был увлажнен водой и правильно обернут батистом. Для этого берут кусочек чистого отглаженного батиста, обертывают им шарик в один слой так, чтобы края батиста заходили один на другой не более чем на $1/4$ окружности. Затем концы батиста погружают в стаканчик с дистиллированной водой на расстоянии 8–15 мм от шарика термометра.

Зимой при температуре ниже $0\text{ }^\circ\text{C}$ относительную влажность воздуха определяют следующим образом. Психрометр устанавливают в месте наблюдений за полчаса до отсчета, батист на шарике должен

быть сухим и без остатков льда от предшествующего определения. Стаканчик с водой комнатной температуры подводят под смоченный термометр, и шарик последнего погружают ненадолго в воду для того, чтобы сухой батист впитал ее. Затем стаканчик убирают и удаляют капли воды с батиста. Через 30 мин (до появления на батисте корочки льда) снимают отсчет температуры.

Получив необходимые данные, определяют возможность активного вентилирования зерновой массы.

Порядок определения по планшетке и номограмме ВНИИЗ.

Планшетки ВНИИЗ предназначены для определения равновесной влажности зерна и составлены для тех случаев, когда температура воздуха выше 0°C (рис. 4) и ниже 0 °С (рис. 5). Планшетки имеют пять шкал с делениями: на первой шкале нанесена температура по сухому термометру в (°С), на второй – температура по смоченному термометру, на третьей – абсолютная влажность воздуха, на четвертой – температура зерна в 0 °С; на пятой – равновесная влажность зерна в (%).

Для определения на номограмму накладывают линейку так, чтобы она соединяла показания сухого и смоченного термометров на шкалах 1, 2 и пересекала шкалу 3. В точке пересечения шкалы 3 находят абсолютную влажность воздуха. Затем соединяют линейкой найденную точку на шкале 3 с точкой, соответствующей температуре зерна на шкале 4. Продолжение прямой, соединяющей эти показания, пересекает шкалу равновесной влажности зерна. Это и есть искомая равновесная влажность. Полученную равновесную влажность зерна сопоставляют с фактической и судят о возможности вентилирования.

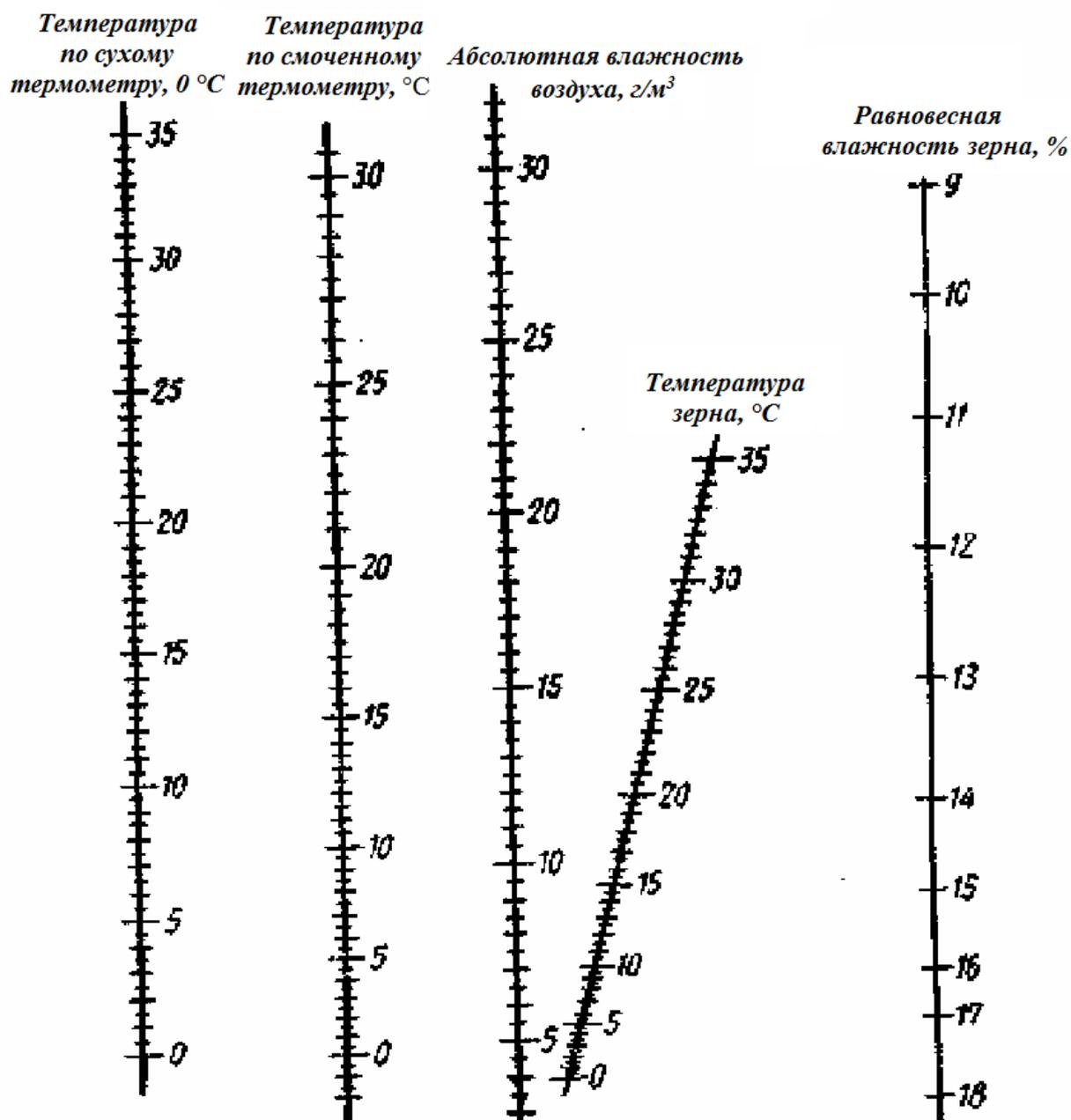


Рисунок 4 – Номограмма ВНИИЗ для определения возможности вентилирования зерновой массы при температуре воздуха выше 0°C

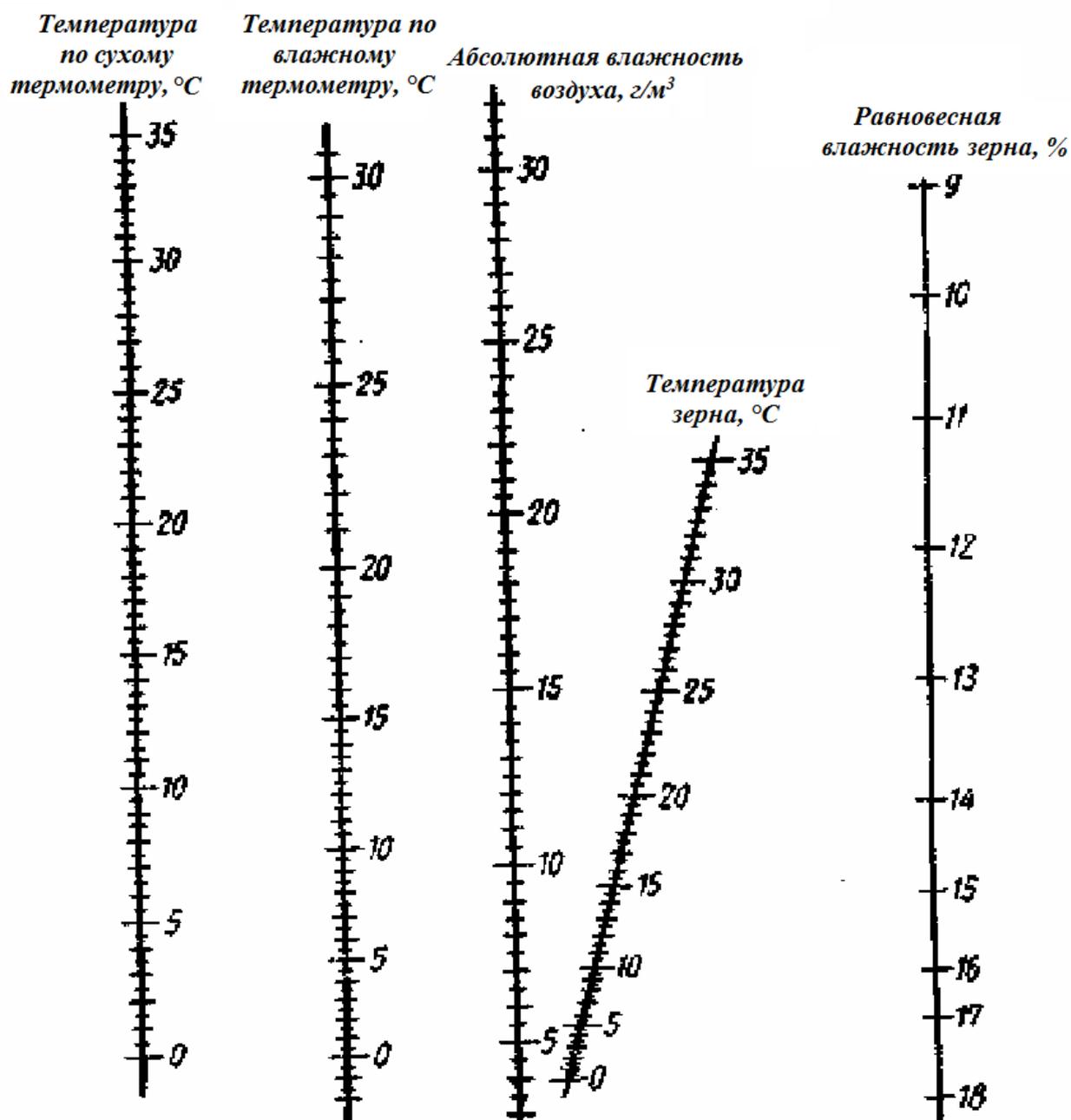


Рисунок 5 – Номограмма ВНИИЗ для определения возможности вентилирования зерновой массы при температуре воздуха ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Равновесную влажность зерна можно определить по таблицам. Для этого сначала определяют относительную влажность воздуха по показаниям мокрого и разности показаний сухого и мокрого термометров психрометра. Затем находят равновесную влажность зерна с учетом его температуры и относительной влажности воздуха по таблице. Как и в предыдущих случаях, равновесная влажность зерна должна быть меньше исходной влажности зерна, чтобы избежать его увлажнения, иначе вентилирование проводить нельзя.

Пример. Влажность зерна пшеницы 17 %, температура 20 °С. Температура сухого термометра 18,5 и смоченного 16,0 °С. Используя показания смоченного термометра и разность показаний сухого и смоченного термометра (2,5 °С), по таблице А.1 находим относительную влажность воздуха (75 %). При данной относительной влажности воздуха и температур зерна 20 °С равновесная влажность зерна равна 15,1 %. Следовательно, вентилировать эту партию пшеницы можно, так как зерно будет охлаждаться и одновременно несколько подсыхать. В тех случаях, когда невозможно определить равновесную влажность зерна (отсутствие психрометра или других приборов), вентилирование проводят при условии, если температура наружного воздуха ниже температуры зерна на 4...5 °С и более. В дождливую и туманную погоду разница должна составлять не менее 8 °С. При этом необходимо защищать всасывающие отверстия вентиляторов от осадков.

Греющееся зерно вентилируют непрерывно в любые часы суток, независимо от метеорологических условий и равновесной влажности воздуха, до тех пор, пока оно не будет охлаждено до температуры, близкой к температуре наружного воздуха в ночное время, или не будет превышать ее более чем на 3...5 °С. Греющееся зерно при вентилировании не увлажняется, так как повышается температура нагнетаемого в насыпь воздуха и увеличивается вследствие этого его способность сушить зерно.

Вентилирование зерна для его охлаждения следует проводить в наиболее холодные часы суток.

Задание. Определить возможность проведения активного вентилирования зерна при помощи номограмм, таблиц и полученных параметров при исследовании образцов. Варианты задания выдает преподаватель. Результаты вносятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Условия вентилирования

Температура сухого термометра, °С	Температура смоченного термометра, °С	Температура зерна, °С	Влажность зерна, %	Абсолютная влажность воздуха, г/м ³	Равновесная влажность зерна, %	Возможность вентилирования

Контрольные вопросы

1. Что понимают под вентилированием зерновой массы?
2. Что используют для определения относительной или абсолютной влажности воздуха?

Список использованных источников

1. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К.Горбатова. – СПб., ГИОРД, 2001. – 320 с.
2. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы/ Г.А. Егоров. – М.:КолоС, 2005. – 296 с.
3. Косой, В.Д. Контроль качества молочных продуктов методами физико-химической механики / В.Д.Косой, М.Ю.Меркулов, С.Б. Юдина/ – СПб.:ГИОРД, 2005. – 208 с.
4. Нечаев, А.П. Технологии пищевых производств: учеб./ А.П. Нечаев. – М.: Колос, 2005. – 426 с.
5. Стародубцева, А.И. Практикум по хранению зерна / А.И. Стародубцева, В.С. Сергунов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.
6. Устименко, Т.В. Практикум оценки качества зерна и зернопродуктов: методические указания / Т.В. Устименко, В.М. Филин, И.В. Авдеев. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 176 с.
7. Чеботарев, О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов/ О.Н.Чеботаре, А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко – М.-Ростов н/Д: МарТ, 2004. – 688 с.
8. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 3 с.
9. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01 от 06.11.2011 г.

Приложение

Относительная влажность воздуха по показаниям психрометра. Равновесная влажность

Таблица А.1 – Относительная влажность воздуха по показаниям психрометра

Показания по сухому термометру	Разность показаний сухого и влажного термометров, град																				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
-10	91	75	58	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-8	92	78	65	51	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-6	94	82	69	58	46	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-4	96	85	73	63	53	45	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2	98	88	78	69	60	52	44	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	100	90	81	73	64	57	50	43	36	31	26	20	16	11	7	3	-	-	-	-	-
1	100	90	82	74	66	59	52	45	39	33	29	23	18	15	11	7	-	-	-	-	-
2	100	90	83	75	67	61	54	47	42	36	31	26	23	18	14	10	-	-	-	-	-
3	100	90	83	76	69	63	56	49	44	39	34	29	26	21	17	13	10	-	-	-	-
4	100	91	84	77	70	64	57	51	46	41	36	32	28	24	20	16	14	11	-	-	-
5	100	91	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30	27	23	19	17	13	10	-	-
6	100	92	85	78	72	66	61	56	50	45	41	35	33	29	26	22	19	16	13	10	-
7	100	92	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35	31	28	25	22	18	15	12	11
8	100	92	86	80	74	68	63	58	54	49	45	41	37	33	30	27	25	21	18	15	14
9	100	93	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39	35	32	29	27	24	21	18	17
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26	23	21	19
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28	25	23	20
12	100	94	89	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	25	22
13	100	94	89	83	78	73	69	64	61	57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27	24
14	100	94	89	83	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	29	26

Окончание таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31	28
16	100	95	90	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32	30
17	100	95	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	39	36	34	31
18	100	95	90	85	81	76	74	69	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35	33
19	100	95	91	85	82	77	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	34
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67	64	61	58	55	53	49	47	44	43	40	38	36
21	100	95	91	86	83	79	76	71	68	65	63	59	56	54	51	49	46	44	41	39	37
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40	38
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	43	41	39
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47	44	42	40
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	58	54	52	50	47	45	44	42
26	100	96	92	88	85	81	78	75	71	69	65	63	60	58	55	53	51	49	47	45	43
27	100	96	92	89	85	82	78	75	72	69	66	64	61	59	56	54	52	50	48	46	44
28	100	96	92	89	85	82	79	76	73	70	67	65	62	60	57	55	53	51	49	47	45

Таблица А.2 – Равновесная влажность, %

Относительная влажность воздуха, %	Температура зерна, °С														
	Пшеница					Рожь и ячмень					Овес				
	-10	0	10	20	30	-10	0	10	20	30	-10	0	10	20	30
20	9,1	8,7	8,3	7,8	7,4	9,2	8,9	8,6	8,3	7,8	8,4	7,8	7,2	6,7	6,2
30	10,5	10,1	9,6	9,2	8,8	10,8	10,4	10,0	9,5	9,0	9,6	9,1	8,6	8,2	7,9
40	11,6	11,2	10,9	10,7	10,2	11,9	11,6	11,3	10,9	10,4	11,0	10,5	10,0	9,4	8,7
50	12,7	12,4	12,0	11,8	11,4	12,9	12,7	12,5	12,2	11,5	12,3	11,8	11,8	10,7	9,8
60	13,7	13,5	13,3	13,1	12,5	14,1	13,9	13,7	13,5	12,8	13,3	12,9	12,5	12,0	11,6
65	14,5	14,2	14,0	13,7	13,2	15,1	14,8	14,6	14,3	13,5	14,4	14,0	13,6	13,2	12,7
70	15,3	15,0	14,7	14,3	14,0	16,1	15,7	15,5	15,2	14,3	15,6	15,5	14,8	14,4	13,8
75	16,2	15,8	15,5	15,1	14,8	17,4	17,0	16,7	16,3	15,4	17,1	16,6	16,1	15,6	15,0
80	17,1	16,7	16,3	16,0	15,7	18,7	18,3	17,9	17,4	16,5	18,5	17,9	17,3	16,8	16,2
85	19,4	18,9	18,4	18,0	17,5	20,5	20,1	19,6	19,1	18,4	19,8	19,3	18,8	18,3	17,6
90	21,7	21,2	20,5	20,0	19,3	22,4	21,9	21,4	20,8	20,3	21,1	20,7	20,3	19,9	19,0

Физико-механические свойства сырья и готовой продукции

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Невзоров Виктор Николаевич

Кох Жанна Александровна

Мацкевич Игорь Викторович

Тепляшин Василий Николаевич

Редактор М.М. Ионина

Электронное издание

Подписано в свет 19.12.2019. Регистрационный номер 151
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru