УДК 97.921:633.63; 631.243.4

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-6-30-36

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ХРАНЕНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В КАГАТАХ¹*Завражнов Анатолий Иванович*¹*Кольцов Семен Михайлович*¹*ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»*

Реферат. Описано текущее состояние дел в хранении сахарной свеклы, основные массогабаритные параметры полевых и вентилируемых кагатов. Указаны недостатки хранения в полевых кагатах на полях выращивания. Приведена типовая схема организации вентилируемого хранения. Описаны объекты исследований: кагаты с вентиляцией и без нее, а также лабораторный стенд. Представлена схема расположения датчиков измерения температуры в массиве исследуемого сечения вентилируемого и невентилируемого кагата. Приведена схема испытательного стенда, используемого в процессе проведения исследований. Указан перечень примененных электронных и механических устройств, задействованных в исследовании. Описана методика проведения сравнительных исследований хранения сахарной свеклы с вентиляцией и без нее. Представлены промежуточные результаты исследований. Установлено, что в текущем сезоне на хранение поступала сахарная свекла с повышенным содержанием гнилей до 5 %. За 25 суток хранения невентилируемый кагат потерял в массе 156 т или 2,08 %, произошло снижение сахаросодержания на 1,07 %, выросла доля увядших корнеплодов на 1,73 %, появилась доля подмороженной свеклы – она составила 4,82 %, доля гнилей возросла на 5,72 %. На невентилируемом кагате обнаружены зоны повышенных температур +24,7 – +30,3°C. Установлено, что качество свеклы, поступающее с полей выращивания ниже, чем из невентилируемых кагатов на свеклопункте: сахаристость ниже на 0,86 %; загрязненность выше на 0,39 %; содержание увядших корнеплодов выше на 1,87 %; содержание подмороженной свеклы выше на 5,92 %. Представлены результаты изменения параметров сахарной свеклы после 25 суток хранения в лабораторном стенде.

Ключевые слова: сахарная свекла, хранение, активная вентиляция, полевой кагат, свеклопункт.

RESEARCH METHODS OF SUGAR BEET STORAGE¹*Zavrazhnov Anatoly*¹*Koltsov Semyon**FSBEI HE "Michurinsky State Agrarian University"*

Abstract. The actual state of affairs in the storage of sugar beet, the main mass and size parameters of field and ventilated clamps are described. The drawbacks of storage in field clamps on the fields of cultivation are specified. A typical scheme of organization of ventilated storage is given. The described research objects: clamps with ventilation and without it, as well as laboratory bench. A diagram of the location of temperature measurement sensors in the array of the studied cross-section of the ventilated and non-ventilated clamps. The diagram of the test bench used in the research process is given. The list of applied electronic and mechanical devices involved in the study is indicated. The method of conducting comparative studies of sugar beet storage with and without ventilation is described. It is established that in the current season, sugar beets with an increased rot content of up to 5% were stored. For 25 days of storage, unventilated clamp lost 156 tons or 2.08 % in weight, there was a decrease in sugar content by 1.07 %, the share of wilted root crops increased by 1.73 %, the share of frozen beets appeared-it was 4.82 %, the share of rot increased by 5.72%. Zones of elevated temperatures of +24.7 – +30.3°C were found on the unventilated clamp. It was found that the quality of beet coming from the growing fields is lower than from unventilated clamps at the beet point: sugar content is lower by 0.86 %; contamination is higher by 0.39 %; the content of wilted root crops is higher by 1.87 %; the content of frozen beet is 5.92% higher. The results of changing the parameters of sugar beet after 25 days of storage in a laboratory stand are presented.

Keywords: sugar beet, storage, active ventilation, field clamp, beet point.

Введение. Хранение сахарной свеклы является одной из задач свеклосахарной отрасли в России. Наиболее распространенным способом является хранение свеклы в кагатах на полях выращивания, также свеклу хранят в среднесрочных неветилируемых кагатах и в долгосрочных кагатах с активной вентиляцией на свеклопунктах [1, 2].

В полевых кагатах хранение сопровождается прогрессирующими потерями массы и сахаристости, производители сахара вынуждены останавливать производство в декабре. Короткий сезон переработки, вызванный снижением качества свеклы, приводит к росту себестоимости сахара. Решением данной проблемы является увеличение объемов хранения свеклы (не менее 20% от годового объема переработки) в долгосрочных ветилируемых кагатах по январь-февраль включительно. В настоящий момент доля хранения свеклы в ветилируемых кагатах значительно меньше расчетной, а на некоторых производствах отсутствует вовсе [3, 4].

Причиной больших потерь в полевых кагатах является низкое соотношение хранящейся свекольной массы к её площади поверхности 0,35 – 0,42. У среднесрочных неветилируемых кагатов оно составляет 0,7 – 0,9, у ветилируемых кагатов – 1,05 – 1,35 [5]. На полях выращивания свекла хранится в кагатах высотой 3 м, шириной основания 7 м длиной 35 м. В среднесрочных неветилируемых кагатах высота достигает 7 м при ширине основания 16 м и длине 100 м.

Ветилируемые кагаты на свеклопунктах формируют высотой 6,5 м, шириной нижнего основания 30 м и более, шириной верхнего основания 10 м и более и длиной от 120 до 300 м. За счет увеличения размеров кагата достигается снижение воздействия факторов окружающей среды на основной массив сырья, возрастает роль внутреннего микроклимата [6]. Возникает необходимость применения средств активного ветилирования с механическим побуждением, так как естественная конвекция воздушных масс в междорневом пространстве не отводит часть избыточной теплоты [7].

Охлаждение кагата осуществляется децентрализованными системами активной вентиляции. Системы являются сборно-разборными. Они устанавливаются на площадке поперек кагата по мере его формирования. Воздух для охлаждения насыпи поступает из окружающей среды без предварительной подготовки. Охлаждение насыпи обеспечивается за счет подачи более холодного воздуха, чем хранящаяся свекла. Если температура окружающей среды выше температуры свеклы, ветилиционная система не работает.

Формирование ветилируемых кагатов проходит в период массовой копki, начиная с конца сентября до наступления заморозков. В ветилируемые кагаты закладывается либо свежескопанная свекла, либо пролежавшая на полях выращивания не более пяти суток.

Продолжительность хранения, а также величина потерь свекломассы и сахаристости в ветилируемых кагатах зависит от начального состояния сахарной свеклы и условий её хранения. При оценке начального состояния сахарной свеклы учитываются шесть параметров, прописанных в нормативной документации, а именно: сахаристость, загрязненность, содержание зеленой массы, увядших корнеплодов, корнеплодов с сильными механическими повреждениями, содержание цветущих корнеплодов [8]. Перед укладкой в ветилируемые кагаты определяется наличие или отсутствие гнилей и температура свеклы.

Задачей исследования является изучение тепломассообменных процессов в кагатах для совершенствования технологии и разработки режимов хранения сахарной свеклы.

Материалы и методы. Исследования проводятся на ветилируемом и неветилируемом кагате и лабораторном стенде. Работа начата 08.11.20 г. одновременно на кагатах и стенде. Дата окончания исследований зависит от начала разбора ветилируемого кагата в первой декаде января.

В период массовой закладки сырья на хранение были выбраны два кагата, уложенные в схожие сроки. Один из выбранных кагатов оснащен системой активной вентиляции. В процессе укладки кагатов определены исследуемые сечения, из них отобраны пробы для сдачи на анализы в сырьевую лабораторию. Параллельно из ветилируемого кагата отобрана свекла для лабораторного стенда в объеме 1 м³.

Ветилируемый кагат имеет форму циклически повторяющуюся: ветилиционные системы находятся на расстоянии 6 м друг от друга, на одну ветилиционную ветвь приходится 516 т сахарной свеклы, рисунок 1. В исследовании рассматривается фрагмент ветилируемого кагата: одна ветилиционная ветвь и насыпь сахарной свеклы, которая охлаждается данной ветвью.

Общая длина вентиляционной системы составляет 22 м. Благодаря конструкции рамы вентиляционного агрегата, система вентиляции не выходит за габариты кагата.

Подача воздуха из окружающей среды в насыпь обеспечивается вентилятором ВО-30-160 мощностью 11 кВт. Объем нагнетаемого в кагат воздуха составляет 22 400 м³/ч. Длина воздуховода составляет 20 м, диаметр воздуховода составляет 0,8 м.

Распределение воздушного потока осуществляется через щелевые отверстия, расположенные на воздуховоде. На нем расположено 146 щелевых отверстий, с проходным сечением 0,005 м².

В насыпи свеклы над вентиляционной системой расположены датчики температуры в количестве 16 шт., согласно схеме, приведенной на рисунке 1. На рисунке 1 указано расстояние от верхнего основания кагата до расположения датчика: L₁=1,2 м; L₂=2,4 м; L₃=3,6 м; L₄=4,8 м; L₅=6,0 м [9]. Расположение датчиков обусловлено симметричной формой поперечного сечения кагата. Для подтверждения предположения об одинаковом распределении температуры в левой и в правой частях сечения были симметрично расставлены 6 термоштанг: по 2 термоштанги на склонах и по 1 термоштанге по краям верхнего основания кагата (на схеме не отражены).

1 – кагат; 2 – вентиляционная ветвь; 3 – воздуховыпускные отверстия;
4 – рама вентиляционного агрегата; 5 – вентилятор; A1 – A16 – датчики измерения температуры.

Рисунок 1 – Вентилируемый кагат сахарной свеклы: а – вид сбоку; б – исследуемое сечение

Применяются термоштанги для измерения температуры на расстоянии 1 м от поверхности кагата. Они оснащены радиомодулем для передачи сигнала на базовую станцию. Измерение температуры на расстоянии более 1 м от поверхности кагата производится с помощью проводных датчиков ДТС014-50М.В3.25/1,5. Считывание показаний осуществляется измерителем-регулятором ТРМ-138-Р, для записи данных используется архиватор МСД-200.

Измерение температуры в невентилируемом кагате проведено на расстоянии 1 м от поверхности кагата в одном сечении согласно схеме на рисунке 2. Параметры невентилируемого кагата: высота 7 м, ширина основания 16 м, длина 160 м, масса 7 470 т.

В исследовании температурного распределения в невентилируемом кагате задействовано 7 термоштанг. Измерение температуры проводится весь период хранения свеклы в кагатах. В момент разбора кагата из исследуемого сечения извлекаются датчики температуры и термоштанги и отбирается проба для сдачи на анализы в сырьевую лабораторию.

Для изучения тепломассообменных процессов насыпи сахарной свеклы разработан лабораторный стенд, рисунок 3. В лабораторном стенде емкость 1 для хранения свеклы имеет внутренний объем 1 м³. Измерение температуры осуществляется датчиками температуры 2 в семи точках насыпи, согласно схеме, на рисунке 3.

1 – кагат; B1 – B7 – расположение термостанг.

Рисунок 2 – Исследуемое сечение неветилируемого кагата сахарной свеклы

1 – емкость для хранения; 2 – каркас; 3 – подъемный механизм; 4 – весы подвесные; 5 – траверса;
6 – трубы для размещения датчиков; 7 – отверстия для подачи воздуха в насыпь.

Рисунок 3 – Лабораторный стенд

Определение потери массы насыпи свеклы осуществляется путем взвешивания емкости на подвесных крановых весах 3 CS-97ЕС. Подъем емкости осуществляется за траверсу 4 с помощью подъемного механизма 5, закрепленного на каркасе 6. В основании емкости имеются воздухораспределительные устройства 7, через которые воздух может подаваться в насыпь снизу вверх (вентилятор на схеме отсутствует).

Стенд оснащен аналогичными датчиками температурами, измерителем и архиватором. В процессе проведения исследований стенд взвешивается через каждые 4 суток. По разнице в весе определяется потеря свекломассы. В центре емкости заложены 3 сетчатые пробы весом от 15 до 18 кг, которые в процессе хранения извлекаются для определения качества свеклы. Извлечение проб осуществляется через боковые створки. За счет этого верхний слой насыпи не перемешивается с нижними слоями. Сдача на анализы двух сетчатых проб сахарной свеклы из лабораторного стенда запланирована на 25 декабря и 17 января. В конце исследования запланирован отбор проб из верхней и нижней части емкости.

При необходимости снижения температуры свеклы в насыпь подается воздух. Подача осуществляется вентилятором через воздухораспределительные отверстия, расположенные на дне стенда. Если охлаждение насыпи не требуется, то отверстия находятся в закрытом состоянии.

Результаты и их обсуждение. В ходе подготовки к исследованиям нами выбраны кагаты с вентилицией и без неё на одном из свеклопунктов в Курской области. Для лабораторного стенда отобрана свекла из вентилируемого кагата. В статье представлены промежуточные результаты исследований.

Невентилируемые кагаты на призаоводских свеклопунктах формируются из свеклы, которая ранее хранилась в кагатах на полях выращивания. По этой причине данные по свекле из невентилируемого кагата на момент его формирования соответствуют данным из кагатов на полях выращивания, таблица 1.

В сезоне 2020 / 21гг сахарная свекла поступала на хранение с повышенным содержанием гниlostных поражений. Если в сезоне 2019 / 20гг содержание гнилей превышало 1 %, то партия свеклы не поступала на хранение и отправлялась в переработку на сахарный завод. В текущем сезоне на хранение поступала сахарная свекла с повышенным содержанием гнилей до 5 %. Повышенное содержание гниlostных поражений сахарной свеклы в это году наблюдается на большинстве свеклосахарных производств в ЦФО.

Таблица 1 – Параметры сахарной свеклы в начале проведения исследований

Параметр	Вентилируемый кагат	Невентилируемый кагат	Лабораторный стенд
Масса сахарной свеклы на момент закладки, т	8 261	7 470	0,736
Сахаристость, %	19,93	19,47	20,05
Загрязненность, %	6,29	6,87	6,13
Содержание зеленой массы, %	—	0,32	—
Содержание увядших корнеплодов, %	6,35	8,60	5,84
Содержание корнеплодов с сильными механическими повреждениями, %	8,52	14,26	5,91
Содержание цветущих корнеплодов, %	—	—	—
Содержание подмороженной свеклы, %	—	—	—
Содержание гниlostных поражений, %	3,15	4,23	0,94

Следующий отбор проб произведен на 25 сутки после начала исследования, таблица 2. Данные из исследуемого фрагмента вентилируемого кагата в таблице 2 не приводятся, так как проба отбирается при его разборе. Разбор кагата запланирован в первой половине января.

За 25 суток хранения невентилируемый кагат потерял в массе 156 т или 2,08 %. За сутки потери в невентилируемом кагате составили 6,24 т или 0,083 % от исходной массы. Также произошло снижение сахаросодержания на 1,07 %, выросла доля увядших корнеплодов на 1,73 %, появилась доля подмороженной свеклы – она составила 4,82 %. Вместе с тем в исследуемом сечении обнаружены следы грибковых поражений. Доля гнилей возросла на 5,72 %.

При хранении на всей протяженности невентилируемого кагата наблюдались процессы самосогревания, сопровождающиеся интенсивным выделением пара. При осмотре хребта кагата

обнаружены колонии свекловичной минирующей мухи «*Pegomyia betae*» [10]. За период хранения средняя температура исследуемого фрагмента насыпи на расстоянии 1 м от поверхности склона варьировалась в диапазоне +3,9 – +5,1 °С, на вершине кагата в диапазоне +24,7 – +30,3 °С.

При хранении в кагатах на полях выращивания произошло снижение сахаристости на 1,93 %. Определение массы кагатов в фермерских хозяйствах не производится. Первое взвешивание осуществляется на весовой станции свеклопункта. По этой причине данные о массе полевых кагатов не приводятся.

В сравнении с неventилируемым кагатом на свеклопункте качество свеклы, поступающее с полей выращивания оказалось ниже: сахаристость ниже на 0,86 %; загрязненность выше на 0,39 %; содержание увядших корнеплодов выше на 1,87 %; содержание подмороженной свеклы выше на 5,92 %.

Содержание корнеплодов с сильными механическими повреждениями меньше на 1,88 %, по причине меньшего количества перевалок свеклы. Содержание гнилостных поражений свеклы на 2,29 % ниже по причине повышенного количества подмороженной свеклы.

Таблица 2 – Параметры сахарной свеклы через 25 суток с начала исследований

Параметр	Полевой кагат	Неventилируемый кагат	Лабораторный стенд
Масса насыпи сахарной свеклы, т	—*	7 314	0,710
Сахаристость, %	17,54	18,40	19,51
Загрязненность, %	7,12	6,73	6,13
Содержание зеленой массы, %	—	—	—
Содержание увядших корнеплодов, %	12,20	10,33	6,07
Содержание корнеплодов с сильными механическими повреждениями, %	9,38	11,26	5,84
Содержание цветущих корнеплодов, %	—	—	—
Содержание подмороженной свеклы, %	8,74	2,82	—
Содержание гнилостных поражений, %	7,66	9,95	1,12

* Данные о первоначальной массе кагатов на полях выращивания отсутствуют

Хранение в полевых кагатах на полях выращивания при отрицательных температурах окружающей среды приводит к значительному росту доли подмороженной свеклы. В осенний переходный период заморозки чередуются с оттепелями, что приводит к многократным циклам заморозки и оттайке корнеплодов. Следствием данного процесса является повреждение клеточной структуры сахарной свеклы, которое сопровождается потерей свекломассы, сахаристости, выделением тепла, а также способствует развитию грибковых микроорганизмов.

В результате анализа одной из трех сетчатых проб, заложенных в лабораторный стенд, установлено, что масса пробы уменьшилась с 16,4 кг до 15,83 кг или на 3,48 %. Содержание сахара снизилось на 0,54 %, содержание увядших корнеплодов возросло на 0,23 %, содержание гнилостных поражений больше на 0,18 %. Сдача на анализы двух сетчатых проб сахарной свеклы из лабораторного стенда запланирована на 25 декабря и 17 января. Полученные данные будут рассмотрены с учетом температурного распределения внутри насыпи свеклы и факторов окружающей среды, а также будут сопоставлены с результатами хранения в кагатах с вентиляцией и без неё.

Закключение. Описана методика проведения научно-исследовательской работы, которая направлена на совершенствование технологии и разработки режимов хранения сахарной свеклы в кагатах. Исследования проводятся параллельно на кагатах с вентиляцией и без нее, а также на лабораторном стенде. Представлены промежуточные результаты исследований, в ходе которых установлено снижение качества поступающей свеклы с полей выращивания в сравнении с сырьем из неventилируемых кагатов на свеклопунктах.

Список литературы

1. Завражнов А.И., Кольцов С.М. Обоснование и разработка технологии хранения сахарной свёклы в кагатах в условиях Центрально-Чернозёмного региона // Сахар. – 2020. – № 1. – С. 38–44.
2. Путилина Л.Н. Свеклосахарный комплекс России: состояние и направления развития // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79. № 2 (72). – С. 180-190.
3. Завражнов А.И. Ресурсосберегающая технология и техника производства сахарной свёклы: монография / А.И. Завражнов [и др.] – СПб.: Лань, 2019. – 164 с.

4. Смирнов М.А., Путилина Л.Н. Резервы повышения сохранности корнеплодов сахарной свеклы // Сахарная свекла. – 2014. – № 5. – С. 46–48.
5. Завражнов А.И., Завражнов А.А. Снижение потерь сахарной свеклы при хранении // Сельский механизатор. – 2020. – № 5-6. – С.35-36.
6. Куденко В.Б., Литвинов А.В. Исследование параметров микроклимата // Наука и образование ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. – 2019. – № 4 (2). – С. 89-94
7. Аксёнов Д.М., Сапронов Н.М. Изучение температурного режима в кагате сахарной свеклы под полимерным укрытием с антимикробными свойствами // В сборнике: Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции. – 2014. – С.35-38.
8. Кульнева Н.Г. Хранение и переработка сахарной свеклы низкого технологического качества // В сборнике: Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья. – 2016. – С. 380-384.
9. Завражнов А.И., Кольцов С.М. Методика исследований показателей свекольной массы при хранении в кагатах / Материалы конференции: Развитие производственного и научного потенциала отрасли садоводства и питомниководства в Российской Федерации / Мичуринск-научоград. – 2019. – С. 267-273.
10. Хелемский М.З. Хранение сахарной свеклы. М.: Пищ. пром-сть. – 1964. – 471 с.

References

1. Zavrzhnov A.I., Kol'cov S.M. Obosnovanie i razrabotka tehnologii hranenija saharnoj svjokly v kagatah v usloviyah Central'no-Chernozjonnogo regiona // Sahar. – 2020. – № 1. – С. 38–44.
2. Putilina L.N. Sveklosaharnyj kompleks Rossii: sostojanie i napravlenija razvitija // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij. – 2017. – Т. 79. № 2 (72). – С. 180-190.
3. Zavrzhnov A.I. Resursosberegajushhaja tehnologija i tehnika proizvodstva saharnoj svjokly: monografija / A.I. Zavrzhnov [i dr.] – SPb.: Lan', 2019. – 164 s.
4. Smirnov M.A., Putilina L.N. Rezervy povyshenija sohrannosti korneplodov saharnoj svekly // Saharnaja svekla. – 2014. – № 5. – С. 46–48.
5. Zavrzhnov A.I., Zavrzhnov A.A. Snizhenie poter' saharnoj svekly pri hranenii // Sel'skij mehanizator. – 2020. – № 5-6. – С.35-36.
6. Kudenko V.B., Litvinov A.V. Issledovanie parametrov mikroklimate // Nauka i obrazovanie FGBOU VO Michurinskij GAU. – 2019. – № 4 (2). – С. 89-94
7. Aksjonov D.M., Sapronov N.M. Izuchenie temperaturnogo rezhima v kagate saharnoj svekly pod polimernym ukrytiem s antimikrobnymi svojstvami // V sbornike: Nauchnoe obespechenie innovacionnyh tehnologij proizvodstva i hranenija sel'skohozjajstvennoj i pishhevoj produkcii. – 2014. – С.35-38.
8. Kul'neva N.G. Hranenie i pererabotka saharnoj svekly nizkogo tehnologicheskogo kachestva // V sbornike: Innovacionnye reshenija pri proizvodstve produktov pitaniya iz rastitel'nogo syr'ja. – 2016. – С. 380-384.
9. Zavrzhnov A.I., Kol'cov S.M. Metodika issledovanij pokazatelej svekol'noj massy pri hranenii v kagatah / Materialy konferencii: Razvitie proizvodstvennogo i nauchnogo potenciala otrasli sadovodstva i pitomnikovodstva v Rossijskoj Federacii / Michurinsk-naukograd. – 2019. – С. 267-273.
10. Helemskij M.Z. Hranenie saharnoj svekly. M.: Pishh. prom-st'. – 1964. – 471 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Завражнов Анатолий Иванович – академик РАН, доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: aiz@mgau.ru.

Кольцов Семен Михайлович – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: smkoltsov@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Zavrzhnov Anatoly – Academician of the Russian Academy of Sciences, Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Michurinsk State Agrarian University”, Russia, Michurinsk, e-mail: aiz@mgau.ru.

Koltsov Semyon – graduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Michurinsk State Agrarian University”, Russia, Michurinsk, e-mail: smkoltsov@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 23.10.2020 Принята к публикации (Accepted): 16.12.2020